

Anna ANCZYKOWSKA

DYNAMICZNE OKREŚLANIE ZAPASU WODY POD STĘPKĄ NA AKWENACH OGRANICZONYCH

W artykule omówione zostały zagadnienia problemów prowadzenia nawigacji na statkach poruszających się na wodach akwenów ograniczonych. Przedstawiono kilka rozwiązań, które mają na celu zwiększenie bezpieczeństwa żeglugi poprzez określanie zapasu wody pod stępką w sposób dynamiczny. Przedstawione rozwiązania są stosowane w praktyce, minimalizując niebezpieczeństwo wejścia statku na mieliznę oraz wpływają pozytywnie na zwiększenie zanurzenia statków wchodzących do portu stosującego dane rozwiązanie. Dodatkowo, omówiono budowę modelu szacowania ryzyka określania zapasu wody pod stępką, który w czasie rzeczywistym, może szacować poziom ryzyka dla statku podczas przejścia na akwenie ograniczonym.

WSTĘP

Zapas wody pod stępką odgrywa znaczącą rolę na bezpieczeństwo statku, w szczególności, podczas prowadzenia nawigacji na akwenach ograniczonych. Wynika to z tego, iż zapas wody pod stępką determinuje wielkość oraz kształt bezpiecznego obszaru manewrowego statku. Dlatego też, bardzo ważnym obowiązkiem dla nawigatora, podczas pełnienia wachty, jest nadzór nad zapewnieniem bezpiecznego zapasu wody, tak aby uniknąć wejścia statku na mieliznę [6].

Określanie na bieżąco i w sposób ciągły zapasu wody pod stępką na statku jest utrudnione. Wynika to z tego, iż zapas wody pod stępką, zależny jest od wielu parametrów, w szczególności czynników zewnętrznych, takich jak: aktualna batymetria akwenu, panujące warunki hydrometeorologiczne. Niektóre czynniki są ściśle powiązane z konkretnym portem, akwenem. Wpływa to również na dokładność określenia zapasu wody pod stępką. Natomiast przy przejściu statku przez rejon płytkowódzia, określanie zapasu wody pod stępką, będące obciążone znacznym błędem, zdecydowanie zwiększa ryzyko wejścia statku na mieliznę, kolizję z obiektem portowym bądź inną jednostką, co zmniejsza jednocześnie bezpieczeństwo statków nawigujących na akwenie ograniczonym.

W związku z tym, zasadne jest, aby wprowadzić systemy dynamicznego określenia zapasu wody pod stępką (Dynamic Under-keel Clearance – DUKC), które jako systemy wspomagające nawigację, pozytywnie wpłyną na poprawę bezpieczeństwa statku. W dalszej części artykułu zostało przedstawionych kilka metod określenia zapasu wody pod stępką wraz z ich zastosowaniem.

1. KONCEPCJE DYNAMICZNEGO OKREŚLANIA ZAPASU WODY POD STĘPKĄ (DUKC)

Zwiększanie się wielkości statków wchodzących do portów, w których dostępne głębokości, są niezmiennie, określanie w sposób dokładny zapasu wody pod stępką, staje się więc kluczowy.

Władze portowe, większości portów na świecie, wspomagają nawigację morską na akwenach im podległym, poprzez otwieranie ośrodków lądowych. Ich zadaniem jest pomoc kapitanom w prowadzeniu statków w sposób bezpieczny [4]. Dlatego też na akwenach

ograniczonych zapas wody pod stępką określany jest w sposób dynamiczny.

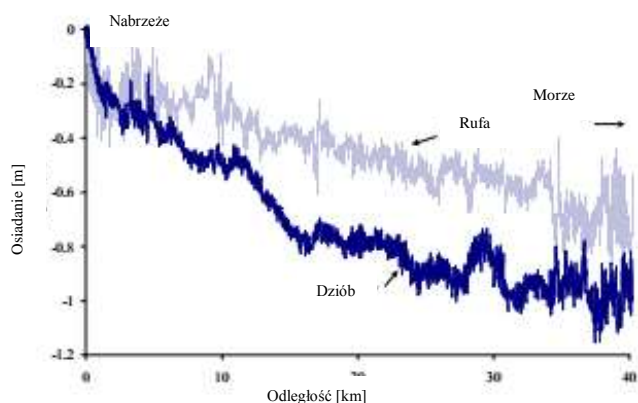
Wspomaganie prowadzenia żeglugi na akwenach ograniczonych, poprzez system dynamicznego określenia zapasu wody pod stępką został stworzony w 1993 roku. Jest to system, który niemal w czasie rzeczywistym określa zapas wody pod stępką dla statku. Przeznaczony jest do użytku w portach, w których występuje ograniczenie zanurzenia statku na wejściu do lub wyjściu z portu. Głównymi funkcjami systemu DUKC jest:

- maksymalizacja zanurzenia statku w trakcie przyprływu lub w wyznaczonym czasie żeglugi;
- określenie czasu wejścia statku na tor podejściowy do portu.

System DUKC opiera się na informacjach związanych z konkretnym akwenem, m.in. falowaniem, występowaniem pływów, kierunkiem i prędkością wiatru, jak również na aktualnej batymetrii akwenu. Poza tymi czynnikami, potrzebne są również dane dotyczące podstawowych wymiarów statku oraz parametrów statecznościowych, zależnych od rodzaju przewożonego ładunku oraz stanu załadowania statku. Bardzo ważnym elementem, wpływającym na zapas wody pod stępką, jest osiadanie statku, zależne w dużej mierze od prędkości, z jaką porusza się statek. Przykład zmierzono osiadania dziobu i rufy, w zależności od odległości od nabrzeża przedstawia rysunek 1. Można zauważyć, iż osiadanie statku przy nabrzeżu, gdzie głębokości są mniejsze, osiąga porównywalne wartości dla dziobu i rufy, a jego maksymalna wartość wynosi około 0,4 m. Im dalej od nabrzeża, tym osiadanie statku się zwiększa. Wynika to z tego, iż statek może rozwijać większe prędkości, powodując zwiększenie osiadania statku, a co za tym idzie, również zanurzenia statku. Może to wpłynąć niekorzystanie na UKC.

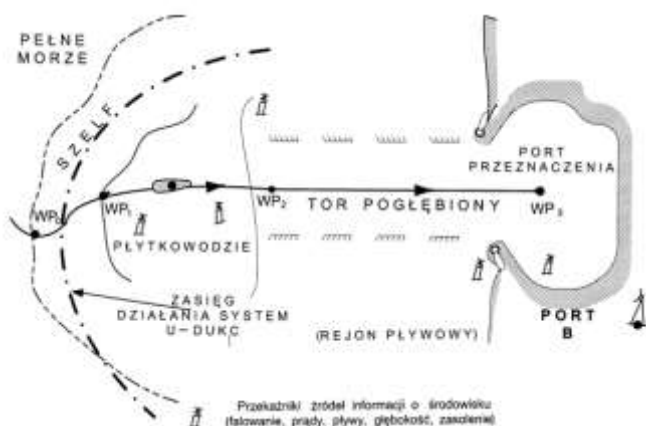
Kolejnym sposobem dynamicznego określenia zapasu wody pod stępką, może być system, który w sposób ciągły będzie przekazywał na statek informacje dotyczące wartości bezpiecznego zapasu wody pod stępką, bezpiecznego zanurzenia, prędkości wraz z momentami wystąpienia okna pływowego, na akwenach pływowych.

Schemat działania takiego systemu przedstawiony został na **Błąd! Nie można odnaleźć źródła odwołania.2.**



Rys. 1. Osiadanie na dziobie i rufie w zależności od odległości od nabrzeża dla statku typu masowiec [5].

Na podstawie schematu systemu DUKC, można wyróżnić kilka rejonów trasy statku. Charakteryzują się one odpowiednią bezpieczną prędkością, która wpływa na zanurzenie statku, przy określonej głębokości zmiennej w czasie. Tymi rejonami mogą być: pełne morze, gdzie ryzyko wejścia na mieliznę jest znikome, odcinek trasy statku przebiegający pogłębionym torem wodnym, gdzie wejście na mieliznę nie jest wysokie, jeżeli statek porusza się środkiem toru wodnego oraz rejon płytkowodzia, w którym zapas wody pod stępką jest elementem kluczowym.



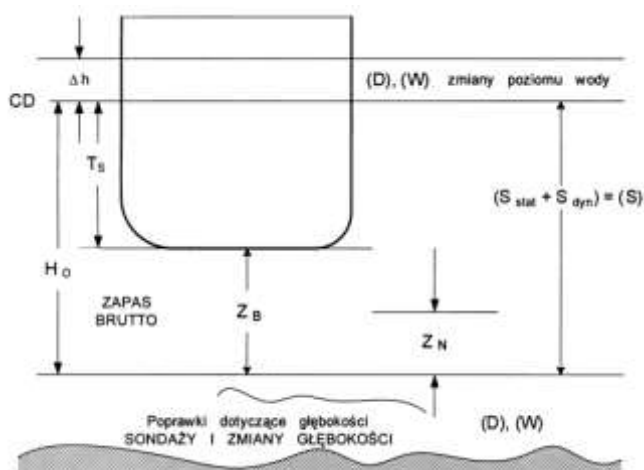
Rys. 2. Schemat modelu systemu dynamicznego zapasu wody pod stępką [4]

System DUKC opiera się na danych z trzech grup:

- właściwościach statycznych i dynamicznych statku (S);
- rejonu pływania (parametry) (D);
- warunki środowiska (zakłócenia działające na statek) (W) [4].

Na podstawie tych trzech grup danych, można wyróżnić poprawki do określenia zapasu wody pod stępką, które zostały przedstawione na rysunku 3.

Duży wpływ na zapas wody pod stępką mają dynamicznie zmieniające się warunki hydrometeorologiczne. Z tego względu należy przykładać, jak największą wagę, aby informacje dotyczące aktualnych czynników środowiskowych były przekazywane w sposób ciągły, najlepiej w czasie rzeczywistym lub niemal rzeczywistym.



Rys. 3. Podział poprawek do zapasu wody pod stępką [3].

Jak zostało przedstawione na rysunku 3, składowe D oraz W powodują powstanie różnicy poziomu wody, który może być wywołany występującymi na akwenie pływaniami, bądź wahaniami stanu wód spowodowanymi działaniem wiatru. Z racji, iż prowadzone pomiary batymetryczne mogą być wykonywane z różną dokładnością, należy przyjąć poprawki uwzględniające dokładność sondaży, jak również zmiany głębokości. W rejonach płytkowodzia, zmiany głębokości mogą być znaczne, z powodu powstawania strumieni zaśrubowych, w szczególności, gdy dno jest piaszczyste lub muliste.

Koncepcje przedstawione powyżej, umożliwiają określenie DUKC. Są one jednak obarczone pewnymi niedokładnościami. Dokładność tych koncepcji, zależy w dużej mierze od informacji, które przekazywane są na statek przez ośrodki lądowe. Dodatkową składową niedokładności określenia zapasu wody pod stępką, może być sposób obliczania zanurzenia statku, który w trakcie podróży zużywa, czasem trudną do określenia, ilość zapasów.

2. ANALIZA SPOSOBÓW DYNAMICZNEGO OKREŚLANIA ZAPASU WODY POD STĘPKĄ

Jako pierwszy przykład wdrożenia dynamicznego określenia zapasu wody pod stępką, przedstawiony został system DUKC wprowadzany od 1993 roku w portach Australii i Nowej Zelandii. Na **Błąd! Nie można odnaleźć źródła odwołania.**4 pokazana została lokalizacja portów, w których wdrożony został system DUKC. Jest to dziesięć, dedykowanych dla poszczególnych portów, wersji tego samego systemu. Uwzględnia on charakterystykę portów, co pozwala na zwiększenie dokładności działania systemu.

Na podstawie prowadzonych badań oraz rozwijania systemu DUKC wdrożonego w porcie Hay Point na północno – wschodnim wybrzeżu Australii, zanotowano wzrost zanurzenia statków, mogących wejść do portu, w przedziale wartości od 0,5 do 1,2 m. Dzięki temu, rozliczenie za rok finansowy 1996/1997, wykazało iż na 123 statki załadowanych zostało dodatkowe 743 246 ton węgla, średnio 6042 t/statek.



Rys. 4. Lokalizacja portów z wdrożonym systemem DUKC [5]

Kolejnym przykładem wdrożenia systemu DUKC może być port Taranaki w Nowej Zelandii.

W 2001 roku rozpoczęto dostosowywanie systemu dynamicznego określania zapasu wody pod stępką. Kolejnym etapem było testowanie oraz nadzorowanie działania systemu DUKC. Na tym etapie, udział brali wykwalifikowani i doświadczeni piloci. Ostateczne wdrożenie systemu miało miejsce 01 stycznia 2002 roku, kiedy to został on wprowadzony do użytku komercyjnego.

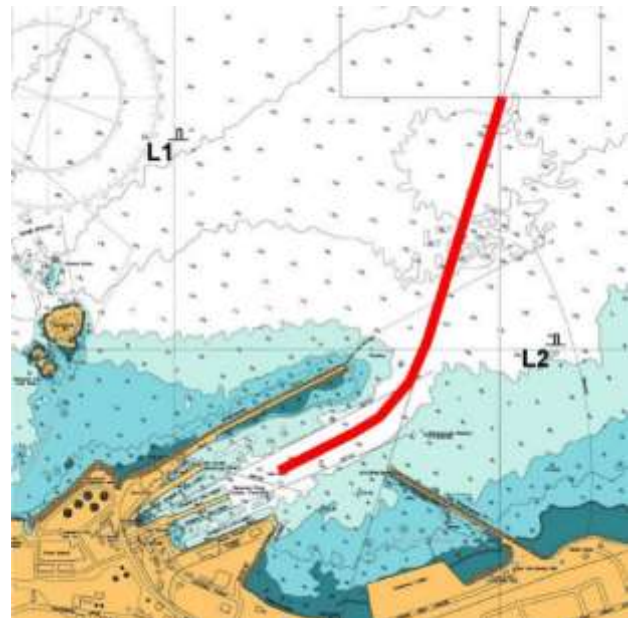
Celem zwiększenia dokładności działania systemu DUKC, należało uwzględnić wpływ falowania na zapas wody pod stępką. Z tego powodu zostały zamontowane pławy rejestrujące falowanie na podejściu do portu. Rysunek 5 przedstawia lokalizację tych pław (L1 oraz L2) wraz z fragmentem toru podejściowego oraz położenia portu na mapie nawigacyjnej.

Wdrożenie systemu DUKC w porcie Taranaki, pozytywnie wpłynęło na wiele aspektów, m.in. na:

- zwiększenie zanurzeń statków wchodzących do lub wychodzących z portu, prawie we wszystkich przypadkach, wartość wzrostu zanurzeń, w niektórych przypadkach sięga powyżej 2,0 m;
- zmniejszenie długoterminowych kosztów poprzez optymalizację

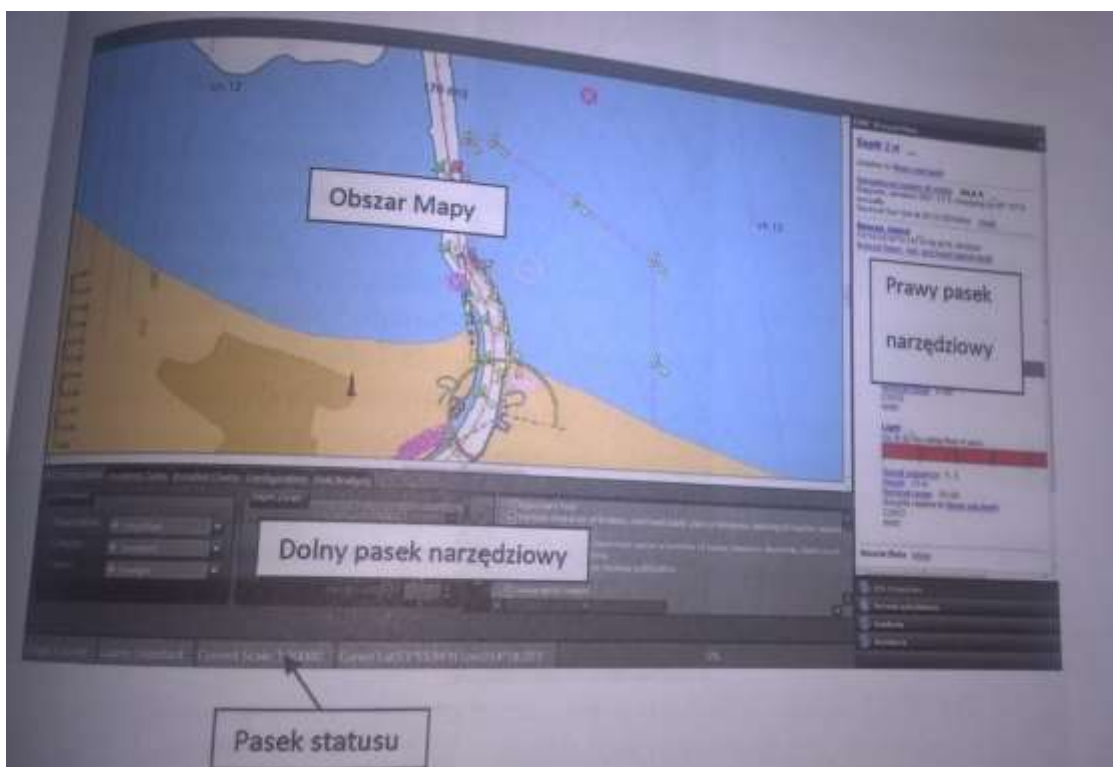
potrzeb pogłębiania toru podejściowego [5].

Kolejnym przykładem dynamicznego określania zapasu wody pod stępką jest probabilistyczny model szacowania UKC. W modelu uwzględniane są m.in. niedokładność pomiaru głębokości, pomiaru zanurzenia w porcie, czy falowanie i pływy. Model zaimplementowany został do programu komputerowego, który na podstawie wprowadzonych danych, szacuje zapas wody pod stępką. Model ma praktyczne zastosowanie przede wszystkim dla portów już istniejących. [6]



Rys. 5. Fragment mapy nawigacyjnej przedstawiającej port Taranaki, tor podejściowy oraz pławy rejestrujące falowanie, oznaczone jako L1 i L2 [5]

Model szacowania zapasu wody pod stępką opiera się na zastosowaniu odpowiednich współczynników, dobieranych odpowied-



Rys. 6. Ekran główny programu NEPTUN oraz jego składowe [2]

nio do akwenu żeglugi. Wpływ modelu na poprawę bezpieczeństwa nawigacji został zweryfikowany w trakcie badań rzeczywistych. [6]

Przykładem badania bezpieczeństwa nawigacji na akwenach ograniczonych, może być również program komputerowy „NEP-TUN”. Program ten służy do prowadzenia badań modelowych na drogach wodnych Południowego Bałtyku. Zadaniem programu jest obliczenie szerokości pasa ruchu, w zależności od rodzaju akwenu, typu statku, jego parametrów, prędkości, a także uwzględniając widzialność, porę doby, czy liczbę dostępnych holowników na danym akwenu. W pierwszej kolejności obliczana jest minimalna szerokość obszaru manewrowego. Następnie, na podstawie uzyskanych wyników, analizy skutków oraz wyznaczenia prawdopodobieństwa tego, iż statek wejdzie na mieliznę lub ulegnie kolizji z infrastrukturą brzegową, obliczane jest ryzyko. Otrzymana wartość numeryczna poziomu ryzyka, jest kategoryzowana i przedstawiona na wskaźniku programu. [1, s. 536-542] Wygląd ekranu głównego programu wraz z opisem poszczególnych elementów interfejsu użytkownika, został przedstawiony na rysunku 6.

Dodatkową funkcją programu jest możliwość wyświetlenia miejsc wystąpienia incydentów bądź wypadków morskich, które miały miejsce na akwenu Południowego Bałtyku w latach wcześniejszych. Pozwala to na zaplanowanie trasy statku w sposób bardziej bezpieczny.

Przedstawione wdrożenia dynamicznego określania zapasu wody pod stępką oraz bezpiecznego obszaru manewrowania statkiem, mają swoje zalety. W znaczny sposób ułatwiają żeglugę statków na akwenach, na których są stosowane, pozwoliły na zwiększenie dopuszczalnego zanurzenia statków wchodzących do portów, jak również przyczyniły się do poprawy bezpieczeństwa żeglugi. W dalszej części artykułu został zaproponowany dynamiczny model określania zapasu wody pod stępką przy użyciu szacowania poziomu ryzyka manewrowania statkiem w czasie rzeczywistym.

3. MODEL SZACOWANIA RYZYKA DYNAMICZNEGO OKREŚLANIA ZAPASU WODY POD STĘPKĄ

W celu zbudowania modelu szacowania ryzyka dla dynamicznego określania zapasu wody pod stępką dla akwenów ograniczonych, potrzebne było znalezienie odpowiedniej metody oszacowania ryzyka. Do tego celu posłużyć może metoda z wykorzystaniem analizy drzewa zdarzeń (ETA – Event Tree Analysis). Ta metoda polega na zbudowaniu drzewa zdarzeń, które umożliwia prześledzenie występującej sytuacji od jej przyczyny do skutków. Stosowana może być do analizy ryzyka przedwypadkowej, jak również powypadkowej. Analiza przedwypadkowa umożliwia znalezienie zdarzeń inicjujących wraz z prawdopodobieństwem ich wystąpienia, natomiast powypadkowa, pozwala na analizę zaistniałej awarii.

Do zbudowania modelu szacowania ryzyka w czasie rzeczywistym posłużył wariant przedwypadkowy ETA. Rozpoczęcie budowy drzewa zdarzeń wraz ze zdarzeniami inicjującymi, wymagało znalezienia najczęściej występujących wypadków na akwenach ograniczonych. Takimi wypadkami są:

- kolizje statków z innymi obiektami pływającymi bądź elementami infrastruktury portowej,
- wejścia statków na mielizny. [1, s.311]

Zdarzenia inicjujące, które mogą doprowadzić do wystąpienia wymienionych powyżej wypadków, to przede wszystkim utrata sterowności statku, która może być spowodowana:

- awarią napędu lub układu sterowania;
- niekorzystnym wpływem warunków hydrometeorologicznych;
- oddziaływaniem obiektów pływających bądź stałych.

Każde ze zdarzeń inicjujących może doprowadzić do wystąpienia incydentu lub wypadku nawigacyjnego, powodując powstanie

szkód ładunku, statku, budowli hydrotechnicznych, innej jednostki pływającej, jak również zanieczyszczenia środowiska. Koszty usuwania powstałych szkód, może być bardzo wysoki. W celu minimalizowania ponoszonych kosztów napraw i/lub usuwania szkód, należy w sposób ciągły, w czasie rzeczywistym, określać występujący poziom ryzyka. Pozwoli to na korygowanie trasy statku, celem maksymalnej minimalizacji poziomu ryzyka lub potencjalnie powstałych szkód.

Na podstawie zebranych informacji, jak również drzew zdarzeń, działanie modelu zostało podzielone na 4 etapy:

1. oszacowanie prawdopodobieństwa wystąpienia zdarzenia
2. oszacowanie potencjalnych skutków zdarzenia
3. obliczenie poziomu ryzyka
4. propozycja działania zapobiegawczego.

Schemat działania modelu został przedstawiony na rysunku 7.

W trakcie żeglugi, zaimplementowany model integruje dane dostępne z urządzeń znajdujących się na statku, m.in. mapy elektroniczne ECDIS, system automatycznej identyfikacji statków AIS, statków znajdujących się w akwizycji w systemie RADAR/ARPA, także informacje o warunkach hydrometeorologicznych: prędkość, kierunek wiatru. Dodatkowymi informacjami, dostarczonymi z ośrodków lądowych powinny być: batymetria dna, czy wysokość fal, czy występujące na danym akwenu pływy.



Rys. 7. Schemat działania modelu szacowania dynamicznego zapasu wody pod stępką.

Na podstawie integrowania danych, dostępnych na statku, jak również dostarczanych z ośrodków lądowych, zanurzenia statku oraz obliczanego na bieżąco, w sposób ciągły potrzebnego zapasu wody pod stępką, określane jest prawdopodobieństwo tego, iż dostępna głębokość (h) akwenu będzie mniejsza od sumy: zanurzenia (T) oraz obliczonego UKC.

Na podstawie sumy: T oraz zapasu wody pod stępką, określona zostaje izobata bezpieczeństwa, co pozwala na określenie bezpiecznego obszaru manewrowego. W miarę zbliżania się statku, poruszającego się po akwenu ograniczonym, do określonej izobaty bezpieczeństwa, model szacuje prawdopodobieństwo wystąpienia takiego zdarzenia jak wejście statku na mieliznę, czy też kolizję statku z budowlą hydrotechniczną. W dalszej części, model szacuje wielkość skutków, na podstawie informacji dotyczącej wytrzymałości kadłuba statku, rodzaju dna akwenu, czy też wytrzymałości materiału, z którego zbudowana jest budowla hydrotechniczna.

Oszacowane prawdopodobieństwo oraz wielkość skutków, pozwala na obliczenie poziomu ryzyka wraz z określeniem, czy znajduje się ono na poziomie akceptowalnym, czy też nie. Poziom ryzyka, model, wyświetla graficznie w sposób ciągły wokół obwiedni statku, przy użyciu odpowiedniej kolorystyki. Kolor zielony przypisany akceptowalnemu poziomowi ryzyka, kolor pomarańczowy bądź żółty, gdy poziom ryzyka zbliża się do granicy akceptowalności oraz kolor czerwony, gdy poziom ryzyka akceptowalnego jest przekroczony. Pozwala to operatorowi VTS bądź nawigatorowi (w zależności miejsca implementacji modelu) na śledzenie poziomu ryzyka. Podział ryzyka na akceptowalne i nieakceptowalne pokazuje tab. 1.

W przypadku, kiedy prawdopodobieństwo przekroczenia określonej izobaty bezpieczeństwa przez statek jest prawdopodobne, natomiast skutki tego zdarzenia będą drobne, to poziom ryzyka będzie zbliżał się do granicy akceptowalności (kolor żółty) i będzie wymagał wzmożonej uwagi, a najlepiej reakcji ze strony operatora VTS bądź nawigatora, tak aby poziom ryzyka zmniejszyć. Przykładowym działaniem zapobiegawczym, może być zmniejszenie prędkości statku, czy odpowiednia zmiana kursu, zgodnie z zapisami Międzynarodowych Przepisów Drogi Morskiej, czy też przepisów lokalnych.

W przypadku, gdy prawdopodobieństwo wystąpienia zdarzenia wejścia na mieliznę bądź kolizji statku, będzie bardzo prawdopodobne, a skutki tego zdarzenia będą poważne, poziom ryzyka będzie znajdował się poza granicą akceptowalności, co będzie wymagało zdecydowanego działania ze strony nawigatora, celem uniknięcia wystąpienia tego zdarzenia lub zminimalizowania jego skutków. W takim przypadku, model, wskazuje propozycję działania zapobiegawczego, który minimalizuje prawdopodobieństwo wystąpienia zdarzenia lub poziom ryzyka.

Rozwiązanie, które na bieżąco, w sposób ciągły, szacuje poziom ryzyka, umożliwi wyznaczanie trasy statku na akwenu ograniczonym, uwzględniając zmieniający się zapas wody pod stępką, jak również batymetrię akwenu i występujące przeszkody nawigacyjne. Takie rozwiązanie, może wpłynąć na zmniejszenie liczby incydentów i wypadków morskich, co pozytywnie wpłynie na poprawę bezpieczeństwa ruchu statków na akwenach ograniczonych.

PODSUMOWANIE

Przedstawione przykłady koncepcji oraz wdrożeń systemów DUKC, których zadaniem jest wspomaganie nawigacji na akwenach ograniczonych, nasuwają kilka wniosków.

Wdrożone systemy DUKC, w znaczący sposób, wpłynęły na zwiększenie dopuszczalnych zanurzeń statków wchodzących do i wychodzących z portów. Zwiększenie dopuszczalnego zanurzenia

statku, bez redukcji bezpieczeństwa jego przejścia torem podejściowym, umożliwi zwiększenie ilości ładunku przewożonego przez ten statek. Ma to pozytywny wpływ na aspekt ekonomiczny portu – zwiększenie rocznych ilości przeładunkowych oraz generowanie zysku.

System DUKC pozwala na zmniejszenie kosztów modernizacji portów, w szczególności, jeżeli chodzi o aspekt optymalizacji pogłębienia torów podejściowych. Potrzebne są bowiem miejscowe pogłębienia, które wynikają z normalnej eksploatacji toru podejściowego, a nie modernizacja i pogłębienie toru wodnego na całej, bądź znacznej, jego długości. Redukuje to znacząco koszty eksploatacyjne portu.

Należy również mieć na uwadze, iż systemy DUKC, wymagają ciągłego dostępu do danych odnoszących się zarówno do statku, akwenu, jak i warunków hydrometeorologicznych, najlepiej w czasie rzeczywistym lub niemal rzeczywistym. Aby dokładność tych systemów była zadowalająca, to dokładność zbieranych i integrowanych przez system danych, musi być bardzo duża. Wymaga to dostarczania do systemu DUKC, danych opierających się na wieloletnich obserwacjach prowadzonych na akwenach przynależnych do danego portu oraz ciągłego ich monitorowania.

Zaproponowany model szacowania ryzyka dynamicznego określania zapasu wody pod stępką, może mieć zastosowanie na statku, celem wspomagania nawigatora w podejmowaniu właściwych decyzji w trakcie prowadzenia żeglugi na akwenu ograniczonym. Innym zastosowaniem modelu, może być wspomaganie prowadzenia żeglugi dla operatora VTS.

Oba zastosowania, mogą w znaczny sposób poprawić bezpieczeństwo żeglugi na akwenach ograniczonych, poprzez minimalizację szerokości bezpiecznego obszaru manewrowania statków, jak również zmniejszenie poziomu ryzyka kolizji dwóch statków, kolizji z budowlami hydrotechnicznymi lub wejścia statku na mieliznę.

Dla zastosowania na statku, do użytku nawigatora, integrowane dane, na których bazuje model, a także proponowane działania zapobiegawcze lub minimalizujące ryzyko, bądź straty, powinny być podawane z dużą dokładnością. Przykładowym komunikatem dla nawigatora powinny być przedziały prędkości lub kursu, z którymi powinien poruszać się statek.

Zastosowanie modelu przez operatora VTS, celem nadzoru ruchu statków, wymaga również wejściowych danych z dużą dokładnością. Proponowane działania zapobiegawcze, nie muszą jednak być aż tak precyzyjne, jak dla nawigatora. Wystarczy, iż zostanie on informację, że statek powinien zmienić prędkość lub kurs, bądź utrzymywać dotychczasowe parametry ruchu. Tak otrzymana informacja może być przekazywana na statek poprzez środki łączności stosowane w normalnych warunkach eksploatacji statku.

Wprowadzanie systemów, umożliwiających dynamiczne określanie zapasu wody pod stępką, wpływa na zwiększenie bezpieczeństwa żeglugi na akwenach ograniczonych. Dzięki takim rozwiązaniom, możliwe jest zwiększanie parametrów statków wchodzących do portów, bez konieczności ich przebudowy. Przyczynia się do zwiększenia liczby statków mogących wejść do danego portu, bez ponoszenia kosztów jego rozbudowy, czy pogłębienia. Wdrożenie systemu, wymusza inwestycję w urządzenia dostarczające dokładne dane dotyczące warunków hydrometeorologicznych, czy batymetrii statku.

Tab. 1. Matryca poziomu ryzyka w zależności od prawdopodobieństwa wystąpienia zdarzenia oraz jego skutków

Prawdopodobieństwo/sutki	Nieistotne	Drobne	Poważne	Niebezpieczne	Katastrofalne
Rzadkie					
Mało prawdopodobne					
Średnie					
Prawdopodobne					
Bardzo prawdopodobne					

BIBLIOGRAFIA

1. Morskie drogi wodne. Projektowanie i eksploatacja w ujęciu inżynierii ruchu. Pod red. Gucma S., Gdańsk, 2015.
2. Instrukcja obsługi programu komputerowego NEPTUN pt. System zarządzania bezpieczeństwem transportu morskiego na polskich wodach Bałtyku, Szczecin, 2012. W ramach projektu badawczego NCBiR Nr OR00 009711.
3. Jurdziński, M., Ocena zapasu wody pod stępką w żegludze morskiej, Gdynia: Akademia Morska w Gdyni SDK, 2005.
4. Jurdziński, M., Procesy nawigacyjne w systemie dynamicznego zapasu wody pod stępką DUKC (Dynamic Under Keel Clearance). Gdynia: Zeszyty Naukowe Akademii Morskiej w Gdyni, 2014
5. O'Brien, T., *Experience using dynamic underkeel clearance systems: selected case studies and recent developments*. Sydney: 30th PIANC-AIPCN Congress, 2002.
6. Schoeneich, M., *Probabilistic Model of Under-Keel Clearance Assessment as a Practical Tool for Ship's Safety Determination in Existing and Designed Ports*. Wuhan: International Conference on Transportation Information and Safety, 2011.

Determining of dynamic under keel clearance on restricted areas

The article discussed issues of vessels' navigation in restricted areas. Shown a few solutions that aim to increase the safety of navigation through the setting of dynamic under keel clearance. Presented solutions are applied in practice, minimizing the risk of ship's grounding and increasing the draught of vessels entering the port of applying solution. In addition, discusses the risk assessment model specifying the under keel clearance in real time. The model can assess the level of risk for the ship during the passage of the restricted waters.

Autorzy:

mgr inż. **Anna Anczykowska** – Akademia Morska w Szczecinie, Centrum Naukowo – Badawcze Analizy Ryzyka Eksploatacji Statków, a.anczykowska@am.szczecin.pl

Wyniki badań powstałe w ramach realizacji pracy badawczej pt. Metoda integracji danych w celu zbudowania modelu szacowania ryzyka manewrowania statku w czasie rzeczywistym, nr 1/MN/INM/16 finansowanej z dotacji Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego na finansowanie działalności statutowej.