

**ZESZYTY NAUKOWE NR 3(75)
AKADEMII MORSKIEJ
SZCZECIN 2004**

PRACE WYDZIAŁU NAWIGACYJNEGO

Wiesław Galor

Kryteria bezpieczeństwa ruchu statku po akwenie portowym

Budowa nowych portów jest ograniczona głównie naturalnymi warunkami akwenów morskich. Stąd występuje konieczność wykorzystania istniejących portów do obsługi statków o wielkości większej niż ta, dla której zostały one zaprojektowane. Głównym ograniczeniem w obsłudze takich statków jest głębokość akwenów portowych, a w rezultacie zapas wody pod stępką manewrującego statku. W portach polskich dopuszczalne zanurzenie statku określa się w postaci stałej wartości w przepisach portowych. Tymczasem jest możliwa zmiana dopuszczalnego maksymalnego zanurzenia statku w zależności od aktualnego i prognozowanego poziomu wody. W artykule przedstawiono założenia możliwości zmiany dopuszczalnego zanurzenia statku dla określonego poziomu bezpieczeństwa podczas ruchu statków na akwenach portowych. Zaproponowano odpowiednie kryteria oceny bezpieczeństwa ruchu statku.

Safety Criteria of Ship Movement in a Port Water Area

The building of new ports is restricted by natural conditions of the sea water area and great financial outlay. This is why existing ports should handle ships bigger than those for which they are designed. The main restriction in handling such ships is the depth of port water areas and the resulting underwater clearance of the manoeuvring ship. In Polish ports the maximal keel clearance is a fixed value determined by port regulations, whereas it is possible to change the admissible maximal ship's draft depending on the present and predicted water level. The paper presents the possibility of changing the admissible maximal ship's draft when a certain level of ship manoeuvring safety in port water areas is ensured

Wstęp

Szybki wzrost przewozów morskich zaobserwowany od lat siedemdziesiątych ubiegłego wieku spowodował intensywny rozwój floty handlowej. Początkowo nastąpił wzrost wielkości statków, który jednak po osiągnięciu pewnej określonej wielkości, uległ wyraźnemu zahamowaniu. Przewidywana budowa statków o nośności około 1 mln ton nie została rozpoczęta. Główną przyczyną takiego stanu rzeczy była zbyt mała ilość portów mogących obsługiwać takie statki. Budowa nowych portów jest ograniczona z jednej strony warunkami naturalnymi akwenów morskich (głównie głębokość akwenu), a z drugiej strony dużymi, koniecznymi nakładami finansowymi na takie inwestycje. Ten ostatni czynnik jest szczególnie ważny wobec faktu, że dotyczy to transportu ładunków masowych. Wobec zmieniających się warunków ekonomicznych oraz geopolitycznych, tradycyjne kierunki transportu ładunków masowych ulega zmianie, nawet w cyklu kilkuletnim. Dlatego budowa nowych portów, gdzie okres spłaty wynosi dwadzieścia i więcej lat, jest bardzo ryzykowna dla inwestorów. Stąd zaistniała konieczność wykorzystania istniejących portów do obsługi statków o większej wielkości niż ta, dla której były one zaprojektowane. Dodatkowym czynnikiem wymuszającym takie warunki jest pewna unifikacja budowanych statków. Polega ona (w stosunku do statków masowych) na dostosowywaniu parametrów statków (ich wymiarów) do ograniczeń w skali światowej. Przykładem są statki typu „PANAMAX”, których parametry (szerokość) wynika z ograniczeń żeglugi przez Kanał Panamski. Stąd w ogólnej statystyce statków w aspekcie ich wielkości występują pewne „kominy”, polegające na ich większej ilości w stosunku do pozostałych statków.

Szczególnym typem obszarów wodnych są akweny portowe, charakteryzujące się występowaniem wielu czynników ograniczających manewrowanie statku. Analiza wypadków morskich wykazuje dużą ich ilość na akwenach portowych [1].

Minimalna zalecana wielkość wymaganego zapasu głębokości wody pod stępką statku według aktualnie obowiązujących zaleceń w Polsce nie powinna być mniejsza niż 0,05 – 0,15 zanurzenia statku w zależności od typu akwenu lub toru wodnego [6]. Jednak na świecie spotyka się mniejsze wartości. Przykładowo na torze podejściowym do Europortu zapas głębokości nie powinien być mniejszy niż 0,04 zanurzenia statku (nawet dla statków o zanurzeniu do 23 m) [9]. Aktualnie dla akwenu portu Świnoujście minimalny zapas wody pod stępką został ustalony na około 0,1 zanurzenia statku, co pozwala na wprowadzanie statków o maksymalnym zanurzeniu 12,8 m. Widać stąd, że mimo większych statków i gorszych warunków hydrologicznych (pływy) na podejściu do Europortu, zapas wody pod stępką jest tam ponad dwukrotnie mniejszy niż dla portów polskich. Nie oznacza to jednak, że poziom bezpieczeństwa tam jest dwukrotnie gorszy. Przyjęcie takich wartości zapasu wody pod stępką wynika

z opracowania naukowo uzasadnionej metody prognozowania bezpiecznego zapasu wody pod stępką (BZWS). Również dla portów polskich możliwe jest zmniejszenie zapasu wody pod stępką, a tym samym zwiększenie dopuszczalnego zanurzenia bez zmniejszenia poziomu bezpieczeństwa, pod warunkiem zastosowania odpowiedniej metody wyznaczania tego zapasu. Powiązane to powinno być z określeniem poziomu bezpieczeństwa, które może być określone za pomocą ryzyka nawigacyjnego [2]. Ryzyko można przedstawić jako kombinację prawdopodobieństwa uderzenia statku w dno akwenu i jego skutków w postaci uszkodzenia kadłuba statku.

Przykładowo do portu Świnoujście w ostatnich latach zawija około 60 statków rocznie, których możliwości przewozowe są ograniczone do maksymalnego zanurzenia 12,80 m (według obowiązujących aktualnie tam Przepisów Portowych) [5], mimo iż w wielu przypadkach możliwe jest jego zwiększenie. Oznacza to następujące straty z tego tytułu:

- ograniczenie ilości ładunku załadowanego lub wyładowanego, a co za tym idzie i mniejsze przychody dla portu i firm przeładunkowych;
- zmniejszenie zysku armatora nie korzystającego w pełni ze zdolności ładunkowych statku lub przedłużenie się obsługi statku spowodowane koniecznością odlichtowania statku na redzie, przed wejściem do portu. Należy tu zaznaczyć, że koszty eksploatacji statku są podobne przy wykorzystaniu pełnej ładowności statku, jak i ograniczonej o kilka lub kilkanaście procent;
- zmniejszenie opłat portowych, które pobierane są na podstawie tonażu statku (cumowanie, holowanie itp.);
- i wreszcie w wielu przypadkach rezygnacja z usług danego portu przez duże statki na skutek niemożności wykorzystania ich zdolności przewozowych.

Przykładowo dla statku maksymalnego dla portu Świnoujście o długości 260 m i szerokości 40 m, zwiększenie zanurzenia o 10 cm w stosunku do dotychczas obowiązującego (12,80 m) powoduje wzrost ładunku o około 800 ton. Daje to z jednej strony zysk na frachcie i operacjach przeładunkowych, z drugiej zaś strony ze względu na bardzo ostrą konkurencję portów w regionie Morza Bałtyckiego, możliwość pozyskania obsługi nowych statków i przeładunku dodatkowej masy ładunkowej. W roku 2002 wchodziły lub wychodziły w portu Świnoujście statki z niewykorzystaną ładownością. Łączna suma niedoładowania wyniosła 312 657 ton [7]. Stąd konieczność podjęcia badań w celu opracowania naukowej metody określania bezpiecznego zapasu wody pod stępką w aspekcie jego minimalizacji przy zachowaniu odpowiedniego poziomu bezpieczeństwa. Pozwoli to na podejmowanie decyzji o manewrowaniu statku po akwencie portowym przy zachowaniu akceptowalnego poziomu ryzyka.

1. Zapas wody pod stępką statku

Bezpieczny ruch statku po akwenu można by określić jako stan, w którym nie nastąpi kontakt kadłuba z dnem. Warunkiem tego jest:

$$R_B \geq (H_i - \delta_H) - (T - \delta_T) \quad (1)$$

gdzie:

- R_B – bezpieczny zapas wody pod stępką,
- H_i – głębokość w i -tym punkcie akwenu,
- δ_H – błędy określenia głębokości akwenu,
- T – zanurzenie statku,
- δ_T – błąd określenia zanurzenia.

Błąd określenia głębokości akwenu zależy od następujących czynników:

- błędu niedokładności sondaży,
- błędu określenia rezerwy nawigacyjnej,
- błędu określenia poziomu wody,
- błędu spowodowanego zamuleniem dna.

Na błąd określenia zanurzenia statku mają wpływ:

- błąd określenia zmiany zanurzenia w wodzie słodkiej,
- błąd oceny przechyłu statku,
- błąd określania zmiany zanurzenia statku na skutek falowania,
- błąd oceny osiadania statku w ruchu.

Jednym z najważniejszych czynników wpływających na zapas wody pod stępką jest poziom wody i błąd z tym związany. Poziom wody (morza) ulega zmianom na skutek oddziaływania różnorodnych czynników. W rejonach bezplywowych, do których należą porty polskie, zero mapy odnosi się do średniego poziomu morza. Określany jest on jako wieloletni średni poziom morza (SW), którego odniesieniem jest układ NN₅₅ bazującym na tzw. zerze amsterdamskim [4]. W portach polskich zero wodowskazów leży na rzędnej 500 cm układu NN₅₅.

Dla bezpiecznego ruchu statku istotne są obniżenia poziomu wody. Stąd do określenia rezerwy wody pod stępką zaleca się przyjmować rezerwę na niskie stany wody, określoną na podstawie:

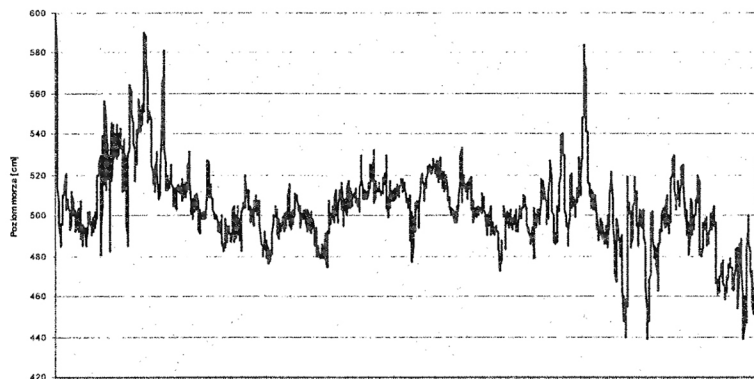
- krzywej sumy czasów trwania stanów (poziomów wody) dla danego akwenu, sporządzonej na podstawie wieloletnich notowań wodowskazu, wprowadzając do obliczeń stan wody trwający przez 98 lub 99% rozpatrywanego czasu;

- różnicy pomiędzy wieloletnim średnim poziomem morza SW, a średnim niskim wieloletnim poziomem morza SNW.

Z badań i rozważań teoretycznych wynika, że do obliczenia dla danego akwenu wieloletniego średniego poziomu morza, konieczne jest wykorzystanie ciągłego okresu obserwacji stanów wody. Nie powinien on być krótszy niż 19 lat, co wynika z faktu, że w okresie tym zachodzą wszystkie zmiany w położeniu poziomu morza wskutek oddziaływania słońca i księżyca. Jeśli rozpatrywany jest okres krótszy niż 19 lat, wówczas średni poziom morza określa się jako względny średni poziom morza WSW. Średni niski wieloletni poziom SNW morza obliczany jest jako średnia arytmetyczna najniższych poziomów zaobserwowanych.

Rezerwa na niskie stany wody określona w oparciu o różnicę między SW i SNW wynosi dla pięciu największych portów polskich (1997) [4]:

- Gdańsk - 0,60 m,
- Gdynia - 0,60 m,
- Kołobrzeg - 0,75 m,
- Szczecin - 0,50 m,
- Świnoujście - 0,80 m.



Rys. 1. Wahania poziomu wody w porcie w Świnoujściu w roku 2002
Źródło: opracowanie własne.

Fig. 1. The fluctuations of water level in Świnoujście Port in 2002

Jednak, jak wykazują ostatnie szczegółowe badania poziomu wody w portach polskich, przyjęcie takich wartości w wielu przypadkach powoduje ograniczenie możliwości zwiększenia dopuszczalnego zanurzenia statku. Rysunek 1 przedstawia przykład pomiarów wahania poziomu wody w porcie Świnoujście w roku 2002.

Z rysunku wyraźnie widać, że maksymalne obniżenie poziomu wody wynosi 60 cm i występuje przez stosunkowo krótki czas.

2. Bezpieczeństwo ruchu statku po akwieniu portowym

Jak wykazują badania [1], nawet w przypadku kontaktu kadłuba statku z dnem (uderzenie), w wielu przypadkach nie występują poważne straty. Rozumiane są one jako uszkodzenie kadłuba i mogą obejmować:

- wgięcie blach poszycia kadłuba,
- pocięcie (połamane) konstrukcji dna,
- rozdarcie poszycia,
- zmiżdżenie elementów konstrukcji (wręgów kadłuba).

Stąd w ocenie bezpieczeństwa ruchu statku może być dopuszczalne uderzenie statku w dno pod warunkiem, że skutki uderzenia (straty) nie przekroczą akceptowanego poziomu (uszkodzenia kadłuba). Zdarzenie takie można określić za pomocą:

$$P_u [z_c(t)_{\max} \leq R_B / 0 \leq t \leq T_p] \quad \text{dla } C \leq c_{\min} \quad (2)$$

gdzie:

- P_u – prawdopodobieństwo uderzenia statku w dno akwenu,
- $z_c(t)_{\max}$ – najmniejsza odległość kadłuba statku od dna w trakcie manewrowania,
- R_B – bezpieczny zapas wody pod stępką statku,
- C – straty na skutek uderzenia statku w dno akwenu,
- c_{\min} – akceptowalny poziom strat.

Poziom strat przy uderzeniu statku w dno zależy od wielu czynników, z których najważniejszym jest rodzaj dna / rodzaj gruntu. Dla gruntów rozdrobnionych penetracja dna na pewną głębokość nie powoduje uszkodzenia kadłuba. Na podejściu do portu Rotterdam obserwowano nawet penetracje dna do 40 cm [9], które nie powodowały poważnych uszkodzeń kadłuba. Prowadzone też tam obserwacje wykazują, że około 10% przypadków uderzeń statku w dno kończy się uszkodzeniem kadłuba.

Przypadki uderzenia w dno akwenu są oczywiście konsekwencją błędów w określaniu zapasu wody pod stępką i przyjmowaniu zbyt małej wartości. Jednak przyjmowanie zbyt dużej jej wartości powoduje wprawdzie mniejsze prawdopodobieństwo uderzenia w dno, ale również ograniczenie dopuszczalnego zanurzenia.

Wymagane jest zatem opracowanie naukowej metody prognozowania zapasu wody pod stępką dla akceptowalnego poziomu bezpieczeństwa. Dla portu Rotterdam opracowano i wdrożono dynamiczny system określania i prognozowania zapasu wody. Jest on zmienny, a jego minimalna wartość dla statków maksymalnych wynosi 0,04 zanurzenia statku. Stąd dla portów polskich gdzie zapas wody wynosi średnio 0,1 zanurzenia, jest możliwe opracowanie podobnej metody. Powinna się ona opierać na ocenie bezpieczeństwa ruchu statku bazującej na odpowiednich kryteriach. Wykorzystać to można ryzyko poważnego uderzenia statku w dno, którego konsekwencją będzie uszkodzenie kadłuba.

3. Ryzyko poważnego uderzenia statku w dno akwenu

Prawdopodobieństwo awarii nawigacyjnej w jednym przejściu statku związane jest z rozpatrywaniem procesu nawigacji (manewrowania) jako procesu stochastycznego. Proces ten jest opisywany za pomocą aparatu matematycznego przy użyciu odpowiednich modeli rozkładu. Modele takie pozwalają na prognozowanie procesu przy wykorzystaniu pewnej ograniczonej ilości danych. Ich parametry rozkładu pozwalają określić prawdopodobieństwo wystąpienia określonego zderzenia dla założonego poziomu ufności. Prawdopodobieństwo awarii dla określonej ilości przejść lub dla określonego, dostatecznie długiego okresu (zawierającego odpowiednio dużą ilość przejść) określa się za pomocą rozkładów statystycznych. Mają one szczególne zastosowanie, jeżeli awaria zdarza się dla odpowiednio dużej ilości przejść.

Jeżeli awaria zdarza się stosunkowo rzadko w stosunku do ilości zderzeń, jako modele statystyczne oceny prawdopodobieństwa awarii można zastosować modele rekurencyjne. Najczęściej stosowany jest rozkład Poissona. Polega on na rozpatrywaniu procesu w funkcji czasu, dla którego prawdopodobieństwo wystąpienia zderzenia (awarii nawigacyjnej) wyrażone jest zależnością:

$$P_A(x=n) = \frac{\lambda^n}{n!} e^{-\lambda} \quad (3)$$

gdzie:

- P_A – prawdopodobieństwo awarii,
- λ – intensywność awarii,
- n – liczba awarii.

Rozkład ten pozwala określić prawdopodobieństwo awarii dla określonej liczby zdarzeń x . Prawdopodobieństwo ilości n lub więcej zdarzeń jest równe:

$$P_A(x > 0) = 1 - P_A(x=0) = 1 - e^{-1} \quad (4)$$

Stąd prawdopodobieństwo, że zdarzenie nie nastąpi w określonym okresie wynosi:

$$P_A(x=0)=e^{-\lambda} \quad (5)$$

zaś możliwość wystąpienia awarii:

$$P_A(x>0)=1-P_A(x\leq 0)=1-P_A(x=0)=1-e^{-1} \quad (6)$$

Dla określonej intensywności awarii λ w okresie t można wyznaczyć okres, w którym może wystąpić jedna awaria:

$$T_W=t/\lambda \quad (7)$$

gdzie:

- T_W – okres, w którym może wystąpić jedna awaria,
- λ – intensywność awarii,
- t – rozpatrywany okres.

Dysponując liczbą zawinięć statków w roku (intensywność roczna ruchu statku), można wyznaczyć prawdopodobieństwo awarii dla jednego przejścia statku.

$$p_a=\lambda/I_R \cdot t \quad (8)$$

gdzie:

- p_a – prawdopodobieństwo awarii dla jednego przejścia statku,
- I_R – roczna intensywność ruchu statków.

Jeśli awaria dotyczy uderzenia statku w dno akwenu, należy uwzględnić fakt, że nie każde takie zdarzenie kończy się uszkodzeniem kadłuba. Dlatego przy określeniu prawdopodobieństwa uszkodzenia kadłuba statku podczas uderzenia w dno należy uwzględnić to, że nie każde takie zdarzenie kończy się poważnym wypadkiem.

$$p_{aw}=p_a \cdot F_k(p_a) \quad (9)$$

gdzie:

- p_{aw} – prawdopodobieństwo awarii podczas manewrowania statku,

- p_o – prawdopodobieństwo kontaktu kadłuba statku z dnem akwenu,
 $F_x(pa)$ – prawdopodobieństwo wystąpienia obciążeń kadłuba podczas uderzenia w dno akwenu przekraczające dopuszczalne wartości.

Prawdopodobieństwo awarii może zostać przyjęte jako kryterium oceny bezpieczeństwa i wykorzystanie do usprawnienia działania portu.

4. Skutki uderzenia kadłuba

Skutki uderzenia kadłuba statku w dno akwenu podczas jego ruchu w postaci uszkodzenia kadłuba, ewentualnej utraty ładunku (a w przypadku ładunków płynnych zanieczyszczenia środowiska naturalnego) zależą od wielu czynników i można je wyrazić różnymi miarami [3].

Maksymalne obciążenie kadłuba statku F_k dla takiego przypadku można dla określonego przedziału czasu zapisać jako:

$$F_k(t) = 1 - \exp(-t(t_c)) \quad (10)$$

gdzie:

t_c – okres, w którym zostanie przekroczone określone obciążenie podczas uderzenia w dno.

$$t_c = [P/1 - F_k(p)]^{-1} \quad (11)$$

gdzie:

$F_k(p)$ – prawdopodobieństwo wystąpienia obciążeń kadłuba podczas uderzenia w dno akwenu przekraczające dopuszczalne wartości.

$$F_k(p) = P[Q_{sgr} \geq Z_G] \quad (12)$$

gdzie:

- Q_{sgr} – dopuszczalne parcie na kadłub statku,
 Z_G – odpór gruntu.

Bazując na danych statystycznych relacji uszkodzeń kadłuba w stosunku do ilości uderzeń w dno (wskaźnik uszkodzeń), prawdopodobieństwo uszkodzenia kadłuba można zastąpić wskaźnikiem uszkodzeń kadłuba. Stąd prawdopodobieństwo awarii będzie równe:

$$P_{aw} = P_a \cdot W_w \quad (13)$$

gdzie:

w_w – wskaźnik uszkodzeń kadłuba.

5. Kryteria oceny bezpieczeństwa ruchu statku

Prawdopodobieństwo wystąpienia uszkodzenia statku może zostać przyjęte jako kryterium oceny bezpieczeństwa i wykorzystanie do usprawnienia działania portu.

Przyjęte przez holenderskie władze portowe Rotterdam kryteria oceny bezpieczeństwa statków o maksymalnym zanurzeniu oparte zostały na probabilistycznym modelu uderzenia statku w dno akwenu. Na podstawie danych statystycznych i badań naukowych kryteria oceny bezpieczeństwa manewrujących statków zdefiniowano następująco:

- dla okresu 25 lat możliwość styku statku z dnem akwenu przyjęto jako mniejszą niż 10%,
- minimalny zapas wody pod stępką nie może być mniejszy niż 1 metr.

Styk statku z dnem akwenu oznacza fizyczny kontakt kadłuba statku z dnem akwenu. Jednak nie każde takie zdarzenie musi kończyć się uszkodzeniem kadłuba. Dla dna akwenu podejściowego do Europortu nawet penetracja dna akwenu do 40 cm nie musi powodować poważnych skutków (uszkodzenia kadłuba) [4]. Stąd przyjęto tam, że tylko 10% przypadków kontakt kadłuba z dnem akwenu kończy się poważnym uszkodzeniem kadłuba. Jednak tak przyjęta relacja rezultatu kontaktu kadłuba statku z dnem akwenu opiera się na danych statystycznych, które nie uwzględniają bieżących zmian ułatwiających manewrowanie statku po akwenu. Stąd celowe jest prowadzenie badań określających skutki uderzenia statku w dno akwenu. Przyjmując kryteria holenderskie do oceny bezpieczeństwa manewrowania statku na podejściu do portu Rotterdam wynika, że dla przyjętych założeń (prawdopodobieństwo uderzenia w dno równe 0,1 w okresie 25 lat), dla liczby statków o maksymalnym zanurzeniu poruszających się torem podejściowym do portu rzędu 250 statków na rok, określono prawdopodobieństwo poważnego wypadku w trakcie jednego przejścia jako $1,68 \cdot 10^{-5}$. Oznacza to, że dla takiego prawdopodobieństwa, możliwość uderzenia statku w dno wystąpi raz na 237 lat. W Wielkiej Brytanii jako kryterium bezpieczeństwa przy wejściu statku na mieliznę podczas ruchu wyznaczonymi trasami przyjęto prawdopodobieństwo 10% możliwości uderzenia w dno dla okresu 100 lat. Są to stosunkowo wysoko postawione kryteria gdyż są zbliżone do prawdopodobieństwa powodzi w wyniku przerwania grobli. Jak przyznają autorzy, mogą być one obniżone po opracowaniu metody oceny skutków uderzenia statku w dno.

W tabeli 1 przedstawiono obliczenia kryteriów bezpieczeństwa dla różnych danych wyjściowych.

Obliczenia kryteriów oceny bezpieczeństwa

Lp.	Prawdopodobieństwo uderzenia	Okres	Intensywność	Intensywność ruchu	Kryterium oceny
	PA	t	λ	IR	pa
1	0,1	25	0,105	250	$1,68 \cdot 10^{-5}$
2	0,1	100	0,105	250	$0,42 \cdot 10^{-5}$
3	0,1	25	0,105	60	$7,00 \cdot 10^{-5}$
4	0,1	100	0,105	60	$1,75 \cdot 10^{-5}$
5	0,025	25	0,0252	60	$1,68 \cdot 10^{-5}$
6	0,1	104	0,105	60	$1,68 \cdot 10^{-5}$
7	0,1	10	0,105	60	$17,50 \cdot 10^{-5}$
8	0,1	25	0,105	100	$4,20 \cdot 10^{-5}$
9	0,1	100	0,105	100	$1,05 \cdot 10^{-5}$
10	0,1	25	0,105	100	$1,68 \cdot 10^{-5}$
11	0,1	62	0,105	100	$1,68 \cdot 10^{-5}$
12	0,1	10	0,105	100	$10,50 \cdot 10^{-5}$

Przykład 1 przedstawia obliczenia dla Europortu, zaś przykład 2 dla kryteriów brytyjskich przy tej samej intensywności ruchu. Kryterium brytyjskie wymaga cztery razy niższego poziomu ryzyka. Przykłady 3 do 6 pokazują obliczenia dla portu Świnoujście dla intensywności ruchu statków 60 na rok. W stosunku do kryterium holenderskiego ryzyko może być ponad czterokrotnie wyższe, podobnie jak w stosunku do brytyjskiego (Punkty 3 i 4). W przykładzie 5 przyjęto kryterium holenderskie, dla którego prawdopodobieństwo poważnego uszkodzenia statku dla okresu 25 lat na podejściu do portu Świnoujście wynosi 0,025, czyli czterokrotnie niższe. Przykład 6 pokazuje, że dla prawdopodobieństwa 0,1 okres wynosi 104 lata. W przykładzie 7 przedstawiono kryterium dla okresu 10 lat. Przykłady 8, 9, 10, 11 i 12 są analogiczne jak 3 do 7, lecz dla intensywności ruchu 100 statków na rok.

6. Podsumowanie

Porty stają coraz częściej przed koniecznością obsługi statków o wielkościach większych niż zostały zaprojektowane. Możliwość obsługi takich statków bez konieczności kosztownych prac hydrotechnicznych istnieje poprzez zmniejszenie zapasu wody pod stępką. Metoda ta musi jednocześnie zapewnić odpowiedni poziom bezpieczeństwa manewrujących statków. Można założyć, że na-

stąpi uderzenie statku w dno akwenu, przy czym poważne skutki tego zderzenia w postaci uszkodzenia kadłuba powinny być jak najmniejsze. Przyjęcie prawdopodobieństwa wystąpienia takiego uszkodzenia jako kryterium oceny bezpieczeństwa ruchu statku po akwencie pozwoli na określenie akceptowalnego poziomu ryzyka.

Literatura

1. Galor W., *Bezpieczeństwo żeglugi na akwenach ograniczonych budowlami hydrotechnicznymi*, Wyd. FRWSM, Szczecin 2002.
2. Galor W., *Ryzyko kolizji statku z budowlami hydrotechnicznymi*, Materiały XXXII Zimowej Szkoły Niezawodności, Szczyrk 2004.
3. Galor W., *Założenia budowy modelu uderzenia statku w dno akwenu portowego*, Zeszyty Naukowe nr 2 (73), Akademia Morska w Szczecinie, 2004.
4. Mazurkiewicz B., *Zalecenia do projektowania morskich budowli hydrotechnicznych*, Studia i materiały, Zeszyty nr 2, Politechnika Gdańska 1998
5. Przepisy portowe. Zarządzenie nr 4 Dyrektora Urzędu Morskiego w Szczecinie, z dnia 17. września 2002 r.
6. Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 01.06.1998, w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budowle hydrotechniczne i ich usytuowanie. Dz.U. z dnia 06.08.1998 r.
7. Salmonowicz W., *Analiza zawinięć statków maksymalnych do portu Świnoujście*, Zeszyty Naukowe nr 2 (73), Akademia Morska w Szczecinie, 2004.
8. Savenije A.C., *Safety criteria for approach channel*, Paper No. 98-HKP-01, Transport Research Centre, Rotterdam 1998.

Recenzent

prof. dr hab. inż. Bolesław Mazurkiewicz

Adres Autora

dr hab. inż. Wiesław Galor, prof. AM Szczecin

Akademia Morska w Szczecinie
Instytut Inżynierii Ruchu Morskiego
ul. Wały Chrobrego 1/2
70-500 Szczecin
e-mail: galorw@am.szczecin.pl