

Analiza bezpieczeństwa eksploatacji statków na przebudowanym torze wodnym Świnoujście – Szczecin

Prof. dr hab. inż. kpt. ż. w. Stanisław Gućma¹, dr inż. Rafał Gralak¹, mgr inż. kpt. ż. w. Piotr Jesion², mgr inż. kpt. ż. w. Maciej Łempicki³, dr inż. Marcin Przywarty¹

¹⁾ Akademia Morska w Szczecinie, Wydział Nawigacyjny

²⁾ Urząd Morski w Szczecinie

³⁾ Stacja Pilotów w Szczecinie

Przebudowa toru wodnego Świnoujście Szczecin polegająca na jego pogłębieniu z 10,5 m do 12,5 m i odpowiednim poszerzeniu zostanie zakończona w 2022 roku. Wymaga to określenia nowych przepisów portowych opracowanych na podstawie warunków bezpiecznej eksploatacji statków na przebudowywanym torze wodnym.

Morskie drogi wodne mają ograniczenia ruchu statków, które z nich korzystają. Ograniczenia te nazywane są warunkami bezpiecznej eksploatacji statków na określonej drodze wodnej i dotyczą one [2, 5]:

- parametrów statków korzystających z drogi wodnej,
- dopuszczalnych warunków hydrometeorologicznych, przy których może odbywać się żegluga,
- parametrów intensywności ruchu na drodze wodnej,
- warunków manewrowania statków na drodze wodnej (dopuszczalne prędkości, asysta holownicza, warunki mijania i wyprzedzania).

System portowych dróg wodnych składa się ze zbioru takich odcinków jak: podejściowe tory wodne, wejście do portu, wewnętrzny tor wodny (kanały portowe, rzeki, jeziora, obrotnice i baseny portowe różnych terminali). W porcie jako systemie morskich dróg wodnych wyodrębnionymi odcinkami są poszczególne rodzaje dróg wodnych, które mogą być dodatkowo zróżnicowane ich parametrami technicznymi [11].

W artykule:

- przedstawiono metodę określania maksymalnych bezpiecznych parametrów statków w złożonych systemach portowych dróg wodnych,
- określono warunki bezpiecznej eksploatacji statków na przebudowywanym torze wodnym Świnoujście – Szczecin.

METODA OKREŚLANIA MAKSYMALNYCH BEZPIECZNYCH PARAMETRÓW STATKÓW I WARUNKÓW ICH BEZPIECZNEJ EKSPLOATACJI NA ISTNIEJĄCYCH DROGACH WODNYCH

Maksymalne bezpieczne parametry statków na przebudowywanym torze wodnym Świnoujście – Szczecin określono przy wykorzystaniu specjalnie opracowanej metody [3].

Metoda ta sprowadza się do podziału toru wodnego na charakterystyczne odcinki między obrotnicami, na których mogą obracać się statki o różnej długości, i następnie do określenia warunków bezpiecznej eksploatacji statków na tych odcinkach między obrotnicami: (*j*-ty odcinek między obrotnicami).

$$\mathbf{W}_j = [t_{ypj}, L_{cj}, B_j, T_j, H_{sj}, V_j, C_j, \mathbf{H}_j]$$

gdzie:

t_{yp} – typ „statku maksymalnego”,

L_{cj} – maksymalna długość całkowita „statku maksymalnego”, który może bezpiecznie przejść przez *j*-ty odcinek między określonymi obrotnicami,

B_j – maksymalna szerokość statku na *j*-tym odcinku,

T_j – maksymalne zanurzenie statku na *j*-tym odcinku drogi wodnej,

H_{sj} – wysokość od poziomu wody do topu statku na *j*-tym odcinku drogi wodnej,

V_j – dopuszczalna prędkość statku na *j*-tym odcinku toru wodnego,

C_j – asysta holownicza na *j*-tym odcinku toru (jeśli jest niezbędna),

$\mathbf{H}_j$ – zbiór warunków hydrometeorologicznych dopuszczalnych dla „statku maksymalnego” na *j*-tym odcinku toru wodnego.

$$\mathbf{H}_j = [d/n_j, s_j, \Delta h_j, V_{wj}, V_{pj}]$$

gdzie:

d/n_j – dopuszczalna pora doby na *j*-tym odcinku drogi wodnej,

s_j – dopuszczalna widzialność na *j*-tym odcinku drogi wodnej,

Δh_j – dopuszczalne obniżenie poziomu lustra wody na *j*-tym odcinku toru wodnego,

V_{wj} – dopuszczalna prędkość wiatru na *j*-tym odcinku toru wodnego,

V_{pj} – dopuszczalna prędkość prądu na *j*-tym odcinku toru wodnego.

Oddzielnie określone są warunki bezpiecznej eksploatacji statków w ruchu dwukierunkowym na wszystkich prostych odcinkach toru wodnego, co umożliwia określenie zasad mijania się statków na każdym prostym odcinku toru.

$$\mathbf{W}_i = f \left[\begin{matrix} t_{ypi}^{in}, L_{ci}^{in}, B_i^{in}, T_i^{in}, V_i^{in}, C_i^{in}, \mathbf{H} \\ t_{ypi}^{out}, L_{ci}^{out}, B_i^{out}, T_i^{out}, V_i^{out}, C_i^{out}, \mathbf{H} \end{matrix} \right]$$

przy czym *in* oznacza statek wchodzący, natomiast *out* – statek wychodzący.

Metoda określania maksymalnych bezpiecznych parametrów statków na istniejących drogach wodnych narzuca następującą procedurę postępowania:

1. Wstępne określenie maksymalnego zanurzenia statków na poszczególnych odcinkach toru:

$$T_{wi} = h_i - \Delta_{wi}$$

gdzie rezerwa wody pod stępką Δ_{wi} określona jest dla wstępnie przyjętych prędkości statków V_{wi} .

2. Określenie maksymalnych długości całkowitych statków na poszczególnych obrotnicach L_{co} z uwzględnieniem możliwości obracania w basenach portowych.
3. Podział toru wodnego na odcinki między obrotnicami, przy czym pierwszy odcinek przyjmowany jest od wejścia na tor wodny do obrotnicy, na której może obracać się statek o maksymalnej długości. Następne odcinki wyznaczane są między kolejnymi obrotnicami przy uwzględnieniu długości obracanych na nich statków. Dalsze obliczenia prowadzone są dla odcinków toru między określonymi obrotnicami.

4. Określenie długości całkowitej i szerokości statków, które mogą bezpiecznie manewrować na zakolach toru na odcinkach pomiędzy określonymi obrotnicami, prowadząc obliczenia od obrotnicy, na której może obracać się statek o większej długości. Przyjąć dla danego odcinka minimalne bezpieczne długości i szerokości statków na zakolach:

$$L_c^{zak} = \min_z L_{cz}$$

$$B^{zak} = \min_z B_z$$

gdzie L_{cz} i B_z to długości i szerokości statków bezpiecznie manewrujących na poszczególnych zakolach toru (z zakoli na danym odcinku).

5. Określenie maksymalnych bezpiecznych szerokości statków na prostych odcinkach toru w ruchu jednokierunkowym. Przyjąć dla danego odcinka minimalną bezpieczną szerokość na odcinkach prostych:

$$B^{pr} = \min_p B_p$$

6. Określenie maksymalnych bezpiecznych długości i szerokości statków na poszczególnych badanych odcinkach między obrotnicami:

$$L_{cj} = \min(L_{co}, L_c^{zak})$$

$$B_j = \min(B^{zak}, B^{pr})$$

7. Określenie maksymalnego zanurzenia statków na torze wodnym (badanej drodze wodnej) oraz dopuszczalnych prędkości na poszczególnych jego odcinkach wyznacza się na podstawie zależności:

$$T_i = h_i - \Delta_i$$

gdzie rezerwa wody pod stępką jest funkcją prędkości statku, jego parametrów i parametrów toru:

$$\Delta_i = f(V_i)$$

Przyjąć maksymalne bezpieczne zanurzenie dla j -tego odcinka toru wodnego:

$$T_j = \min_i T_i$$

8. Określenie maksymalnych parametrów statków w ruchu dwukierunkowym na poszczególnych prostych odcinkach toru.
9. Określenie warunków bezpiecznej eksploatacji statków przechodzących przez odcinki drogi wodnej między badanymi obrotnicami:

$$\mathbf{W}_j = [t_{ypj}, L_{cj}, B_j, T_j, H_{st}, V_i, C_i, \mathbf{H}]$$

gdzie V_i i C_i to dopuszczalne prędkości i asysta holownicza (ewentualna) na wszystkich odcinkach toru wodnego.

WARUNKI BEZPIECZNEJ EKSPLOATACJI STATKÓW NA PRZEBUDOWYWANYM TORZE WODNYM ŚWINOUJŚCIE – SZCZECIN

Opracowaną metodę określania maksymalnych bezpiecznych parametrów statku w złożonych systemach istniejących

dróg wodnych zastosowano przy określeniu warunków bezpiecznej eksploatacji statków na przebudowywanym torze wodnym Świnoujście – Szczecin.

Przebudowany tor wodny Świnoujście – Szczecin o długości około 68 km i głębokości 12,5 m składa się z szeregu odcinków prostych i zakoli o różnych parametrach technicznych [7]. W skład tego systemu dróg wodnych wchodzi cztery obrotnice oraz dwa terminale (porty), w których mogą obracać się maksymalne dla danego odcinka toru statki (rys. 1).

Stosując procedurę postępowania opisaną w metodzie określania maksymalnych bezpiecznych parametrów statków, otrzymano:

1. Wstępne maksymalne zanurzenie statków, które wynosi:

$$T_w = 11,0 \text{ m}$$

gdzie rezerwę wody pod stępką ($\Delta_{wi} = 1,5 \text{ m}$) obliczono, wykorzystując metodę elementów składowych i przyjmując:

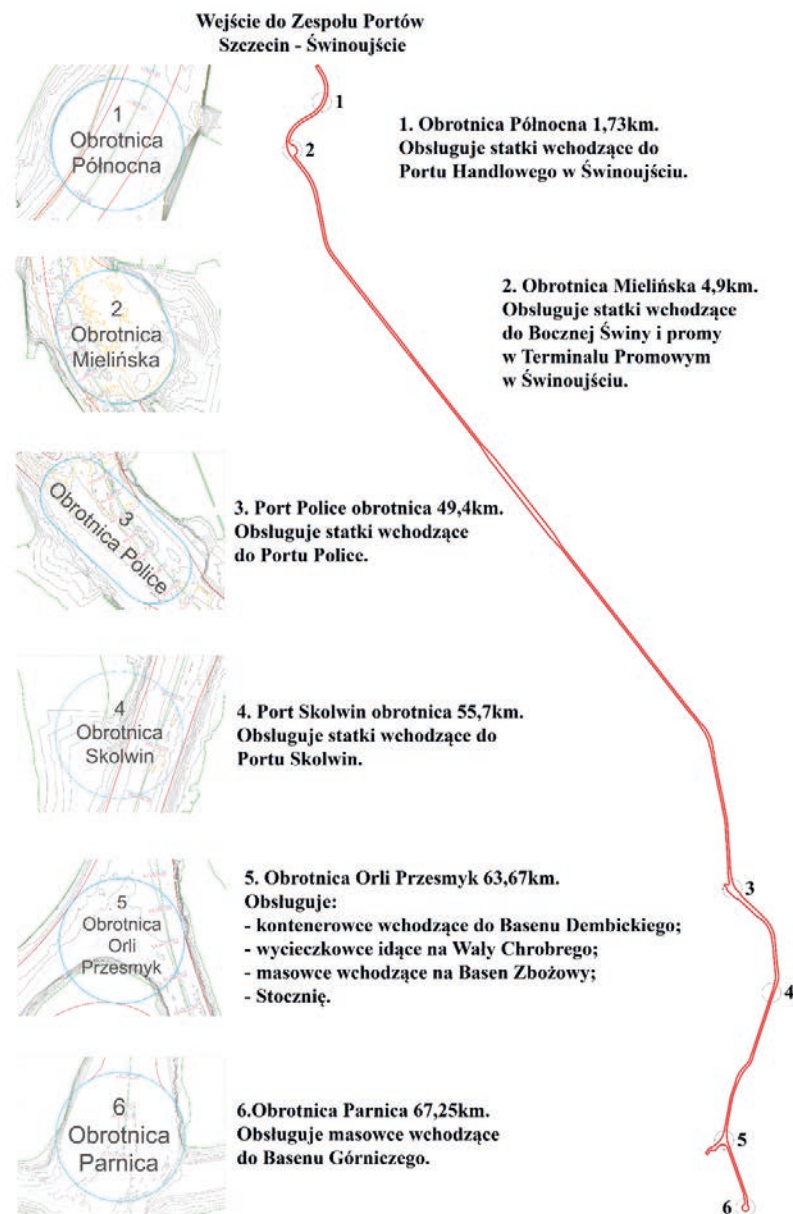
- wstępną prędkość statku na poszczególnych odcinkach $V_i = 8$ węzłów,
- obniżenie poziomu zwierciadła wody $\Delta h_i = -0,5 \text{ m}$ [9, 10].

2. Maksymalne długości statków, które mogą bezpiecznie obracać się na czterech obrotnicach toru wodnego Świnoujście – Szczecin, które wynoszą odpowiednio:

- Obrotnica Północna (1,7 km toru)
 $L_{co} = 300 \text{ m}$, $B_o = 50 \text{ m}$ – masowce pod balastem;
- Obrotnica Mielnińska (4,9 km toru)
 $L_{co} = 270 \text{ m}$, $B_o = 40 \text{ m}$, $T_o = 11,0 \text{ m}$;
- Port Police (49,4 km toru)
 $L_{co} = 230 \text{ m}$, $B_o = 33 \text{ m}$, $T_o = 11,0 \text{ m}$ – masowce, chemikaliowce;
- Projektowany Port Skolwin (55,7 km toru)
 $L_{co} = 230 \text{ m}$, $B_o = 33$, $T_o = 11,0 \text{ m}$ – produktowce, gazowce LPG;
- Obrotnica Przesmyk Orli (63,7 km toru)
 $L_{co} = 260 \text{ m}$, $B_o = 33 \text{ m}$, $T_o = 9,0 \text{ m}$ – wycieczkowce;
 $L_{co} = 250 \text{ m}$, $B_o = 33 \text{ m}$, $T_o = 11,0 \text{ m}$ – kontenerowce;
- Obrotnica Parnica (67,3 km toru)
 $L_{co} = 230 \text{ m}$, $B_o = 33 \text{ m}$, $T_o = 11,0 \text{ m}$ – masowce.

Maksymalne długości statków na obrotnicach: Północnej, Mielnińskiej, Przesmyk Orli oraz w portach Police i Skolwin określono, wykorzystując metody symulacyjne, natomiast maksymalną długość statku na obrotnicy Parnica określono, wykorzystując metodę empiryczną.

Przykładowo przedstawiono wyniki badań symulacyjnych na obrotnicy Północnej i obrotnicy Przesmyk Orli. W obu przypadkach badania przeprowadzono na symulatorze FMBS firmy Kongsberg. Eksperymenty symulacyjne o liczebności 12 przejazdów w serii wykonywali piloci portowi. Badania symulacyjne na obrotnicy Północnej zgodnie z zakładanymi warunkami bezpiecznej eksploatacji masowców wchodzących do portu handlowego Świnoujściu przeprowadzono przy następujących założeniach:



Rys. 1. Uproszczony model złożonego systemu portowych dróg wodnych

- do portu wchodzi i cumuje LB załadowany masowiec $L_c = 300$ m, $T = 13,2$ m,
- z portu wychodzi masowiec pod balastem $L_c = 300$ m, $T_D = 7,4$ m, $T_R = 9,0$ m, obracając się przez PB na obrotnicy Północnej.

Zbudowano dwa symulacyjne modele ruchu tego masowca i przeprowadzono po 3 serie badań dla wejścia oraz wyjścia. Trzy serie badań przeprowadzone były w trzech różnych najmniej korzystnych warunkach hydrometeorologicznych. Na rys. 2 przedstawiono opracowane statystycznie wyniki badań obrotu masowca pod balastem przy wietrze N 10 m/s i prądzie wejściowym 0,8 węzła. Wyniki serii badań przedstawiono w postaci bezpiecznych obszarów manewrowych określonych na poziomach: maksymalnym, średnim (50%) i 95%.

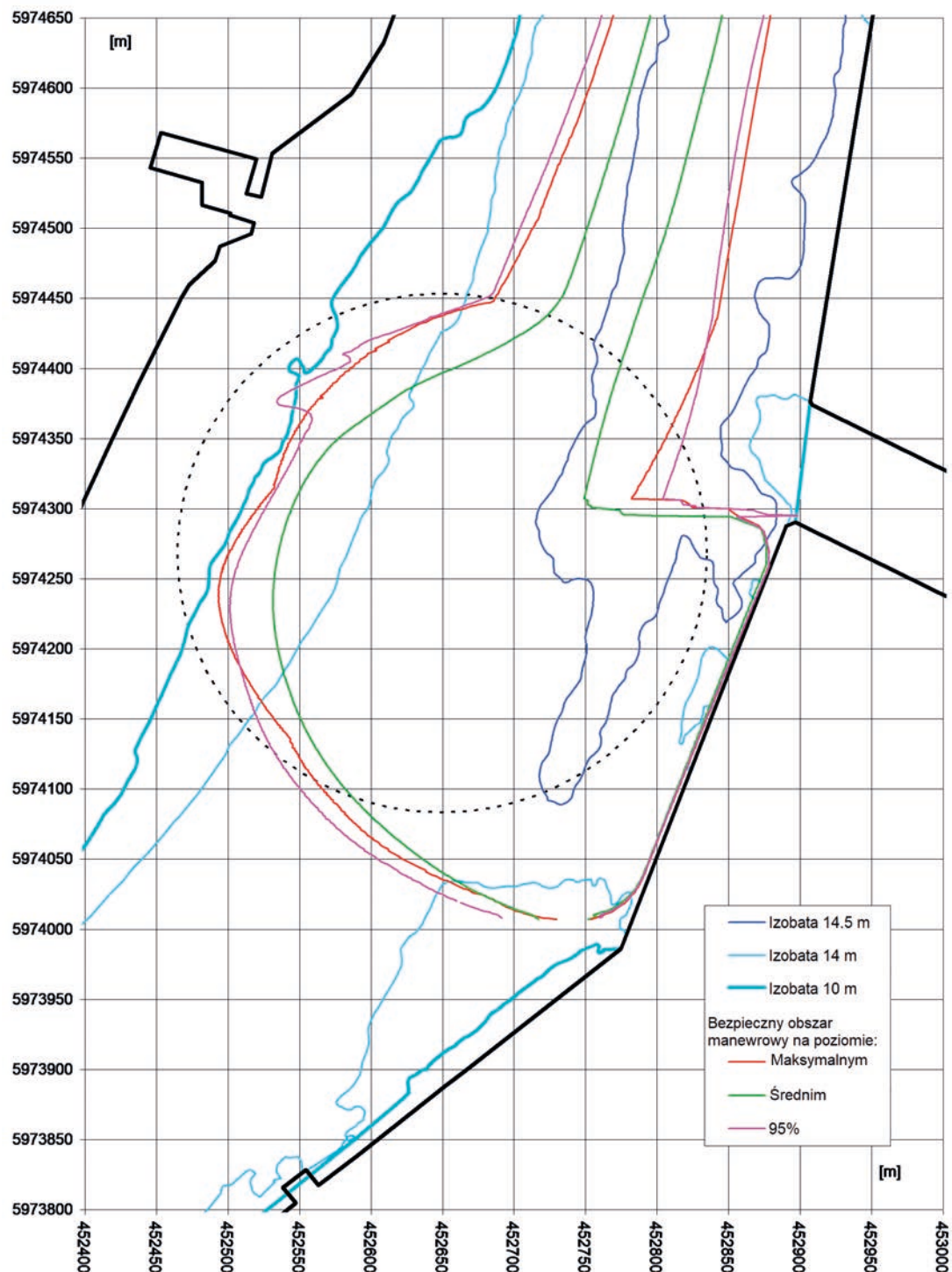
Badania symulacyjne na obrotnicy Przesmyk Orli zgodnie z zakładanymi warunkami bezpiecznej eksploatacji wycieczkowców wchodzących na Wały Chrobrego

i kontenerowców wchodzących do Basenu Dembickiego przeprowadzono przy następujących założeniach:

- na Wały Chrobrego wchodzi wycieczkowiec $L_c = 260$ m, $T = 9,0$ m,
- do Basenu Dembickiego wchodzi załadowany kontenerowiec $L_c = 250$ m, $T = 11,0$ m.

Zbudowano 2 symulacyjne modele ruchu statków (wycieczkowca i kontenerowca) i przeprowadzono 2 serie eksperymentu obracania statków dla najmniej korzystnych kierunków wiatru S i W 10 m/s i wychodzącym prądzie o prędkości 0,7 węzła. Wyniki serii badań przedstawiono w postaci bezpiecznych obszarów manewrowych określonych na poziomie ufności: maksymalnym, średnim (50%) i 95% (rys. 3).

3. Uwzględniając maksymalne długości statków, które mogą bezpiecznie obracać się na poszczególnych obrotnicach, tor wodny Świnoujście – Szczecin podzielono na 4 odcinki. Dla odcinków tych określono maksymalne



Rys. 2. Bezpieczne obszary manewrowe obracania na obrotnicy Północnej w Świnoujściu masowca pod balastem $L_c = 300$ m, $T_D = 7,4$ m, $T_R = 9,0$ m
Wiatr N 10 m/s, prąd wejściowy 0,8 węzła

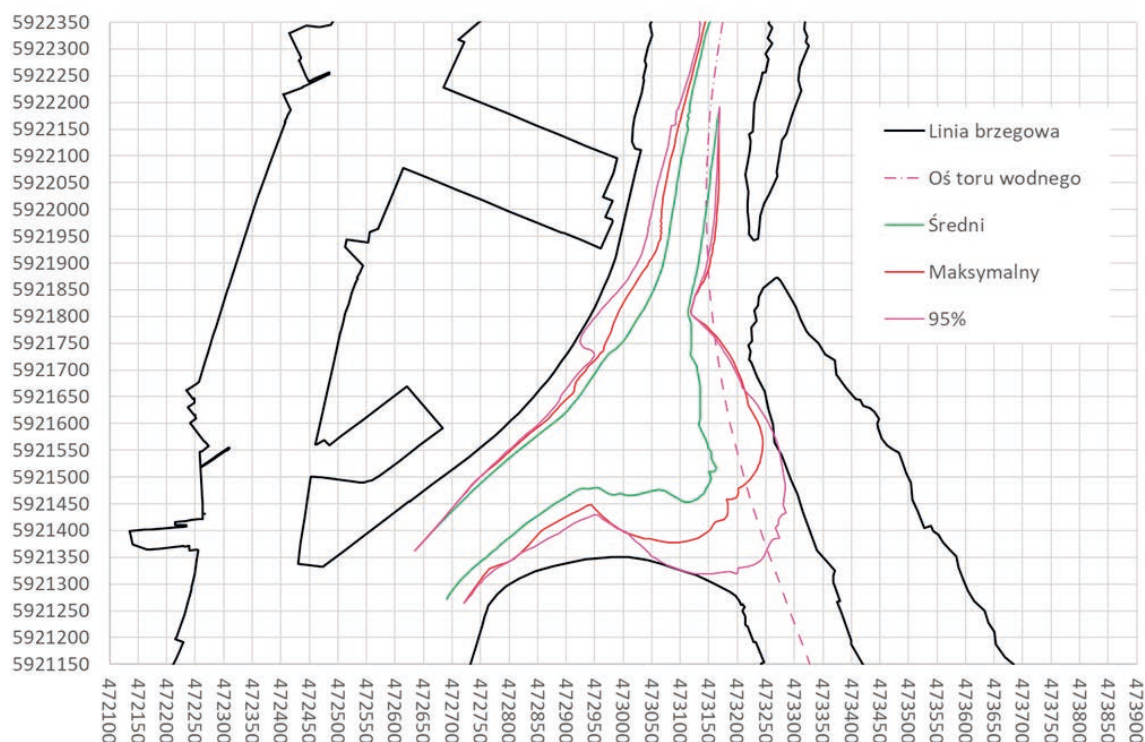
długości i szerokości statków bezpiecznie manewrujących na zakolach.

- Wejście do portu Świnoujście (0,00 km toru) – obrotnica Północna (1,7 km toru). Maksymalna długość całkowita i szerokość statków wchodzących do portu Handlowego określono metodą symulacyjną $L_c = 300$ m, $B = 50$ m, $T = 13,2$ m [9].
- Obrotnica Północna – obrotnica Mielnińska (4,9 km toru). Maksymalna długość całkowita i szerokość

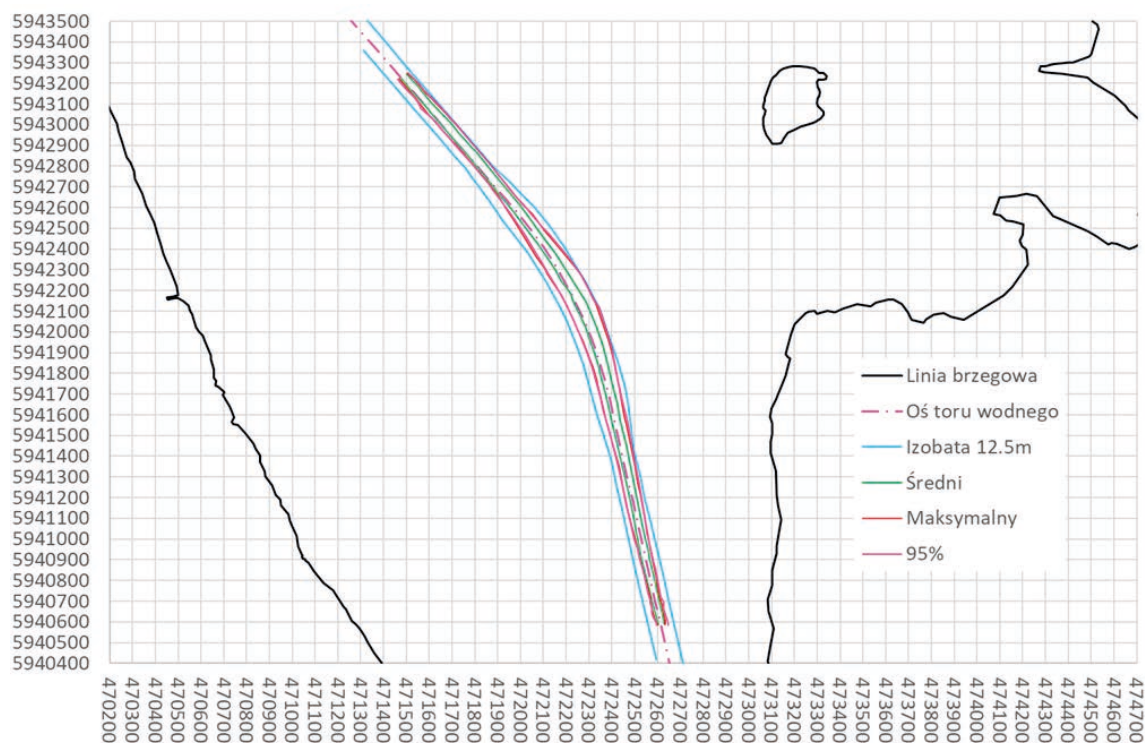
statków bezpiecznie przechodzących odcinek toru między obrotnicami określona metodą symulacyjną wynosi odpowiednio $L_c = 270$ m, $B = 40,0$ m, $T = 11,0$ m [9]. Na odcinku tym zbadano ryzyko nawigacyjne przejścia maksymalnego statku obok cumującego promu $L_c = 220$ m przy projektowanym stanowisku promowym Nr 2 Terminalu Promowego w Świnoujściu. Ryzyko przekroczenia przez ten manewrujący statek dostępnego akwenu żeglugowego jest mniejsze od ryzyka akceptowalnego [1].

- Obrotnica Mielińska – obrotnica Przesmyk Orli (63,7 km toru). Maksymalna długość całkowita i szerokość statków na zakolach toru między tymi obrotnicami określono metodą symulacyjną dla zwrotów Mańków, Ińsko – Babina, Święta. Badania przeprowadzono przy wykorzystaniu symulatora typu FMBS firmy Kongberg na zakrętach toru: Mańków, Ińskie – Babina i Święta. Eksperyment symulacyjny przeprowadzono dla wycieczkowca $L_c = 260$ m, $B = 33,0$ m, $T = 9,0$ m i kontenerowca $L_c = 250$ m, $B = 33,0$ m,

wadzano przy wykorzystaniu symulatora typu FMBS firmy Kongberg na zakrętach toru: Mańków, Ińskie – Babina i Święta. Eksperyment symulacyjny przeprowadzono dla wycieczkowca $L_c = 260$ m, $B = 33,0$ m, $T = 9,0$ m i kontenerowca $L_c = 250$ m, $B = 33,0$ m,



Rys. 3. Bezpieczne obszary manewrowe obracania na obrotnicy Przesmyk Orli wycieczkowca $L_c = 260$ m, $T = 9,0$ m i kontenerowca $L_c = 250$ m, $T = 11,0$ m
Wiatr S i W 10 m/s, prąd wyjściowy 0,7 węzła



Rys. 4. Zakręt Mańków. Bezpieczne obszary manewrowe przejścia wycieczkowca $L_c = 260$ m w najmniej korzystnych warunkach hydrometeorologicznych
Wiatr S i W 10 m/s, prąd wyjściowy 0,7 węzła

$T = 11,0$ m [9]. Wykonano po dwie serie badań w najmniej korzystnych warunkach hydrometeorologicznych dla danego zakrętu. Eksperyment symulacyjny o liczbie 12 przejazdów w serii wykonywali piloci portowi. Na rys. 4 przykładowo przedstawiono opracowane statystycznie wyniki badań dla zakrętu Mańków. Wyniki badań przedstawiono w postaci opracowanych statystycznie bezpiecznych obszarów manewrowych dla wycieczkowca przechodzącego zakręt w najmniej korzystnych warunkach hydrometeorologicznych.

- Obrotnica Przesmyk Orli – Parnica (67,3 km toru). Na tym odcinku nie występują zakola toru.

4. Maksymalne szerokości statków bezpiecznie manewrujących na prostych odcinkach toru między badanymi obrotnicami określono przy wykorzystaniu empirycznej metody CIRM (Centrum Inżynierii Ruchu Morskiego) [4, 6]. Warunek bezpieczeństwa żegluga w tej metodzie określa nierówność:

$$D_i \geq d_m + 2d_{n(1-\alpha)} + d_r^p + d_r^l$$

gdzie:

- D_i – szerokość i -tego odcinka toru wodnego w dnie [m],
- d_m – składowa manewrowa (deterministyczna) szerokości pasa ruchu [m],
- $d_{n(1-\alpha)}$ – składowa nawigacyjna (probabilistyczna) szerokości pasa ruchu [m] statku na określonym poziomie ufności $(1 - \alpha)$ [m],
- d_r^p – rezerwa szerokości obszaru manewrowego po stronie prawej [m],
- d_r^l – rezerwa szerokości obszaru manewrowego po stronie lewej [m].

Składowa manewrowa jest sumą podstawowej szerokości pasa ruchu d_{mp} i dodatkowych poprawek szerokości pasa ruchu d_{md} . Podstawowa szerokość pasa ruchu jest funkcją szerokości statku i jego sterowności czyli typu statku załadowanego:

$$d_{mp} = k \cdot B$$

gdzie:

$$k = f(t_{yp}).$$

Przekształcając powyższą zależność, określono maksymalną bezpieczną szerokość załadowanego statku określonego typu na i -tym prostym odcinku toru między obrotnicami:

$$B_i = (D_i - d_{mdi} - 2d_{ni(1-\alpha)} - d_{ri}^p - d_{ri}^l) / k$$

Maksymalne bezpieczne szerokości statku na wszystkich odcinkach prostych między badanymi obrotnicami określa zależność:

$$B^{pr} = \min_i B_i$$

5. Na podstawie powyższych danych na budowanych odcinkach toru między obrotnicami można określić:

- maksymalną bezpieczną długość statku

$$L_c = \min(L_{co}, L_c^{zak})$$

- maksymalną bezpieczną szerokość statku

$$B = \min(B^{zak}, B^{pr})$$

Maksymalne bezpieczne długości, szerokości i zanurzenia statków między obrotnicami toru wodnego Świnoujście – Szczecin określono następująco:

- wejście do portu – obrotnica Północna
 $L_c = 300$ m, $B = 50$ m, $T = 13,2$ m,
- obrotnica Północna – obrotnica Mielińska,
 $L_c = 270$ m, $B = 40$ m, $T = 11,0$ m
- obrotnica Mielińska – obrotnica Przesmyk Orli
 $L_c = 260$ m, $B = 33$ m, $T = 9,0$ m – wycieczkowiec,
 $L_c = 240$ m, $B = 33$ m, $T = 11,0$ m – kontenerowiec,
 $L_c = 230$ m, $B = 33$ m, $T = 11,0$ m – masowiec,
- obrotnica Przesmyk Orli – obrotnica Parnica
 $L_c = 230$ m, $B = 33$ m, $T = 11,0$ m – masowiec.

6. Dopuszczalne prędkości statków na wszystkich prostych odcinkach toru wodnego określono przy uwzględnieniu rezerwy wody na osiadanie statku w ruchu, która zależy od prędkości statku, jego zanurzenia i współczynnika pełnotliwości oraz głębokości i nachylenia skarp toru wodnego [10].

Rezerwę wody na osiadanie statku określono pięcioma zalecanymi przez PIANC w danych warunkach metodami empirycznymi [8]:

- 1) od Tuck'a;
- 2) Huuska/Guliev'a;
- 3) ICORELS;
- 4) Barras 3;
- 5) Eryuzlu 2;

Obliczono ją dla kontenerowców (współczynnik pełnotliwości kadłuba $C_b = 0,62$) i masowców (współczynnik pełnotliwości kadłuba $C_b = 0,8$), przyjmując odpowiednie profile dna na poszczególnych odcinkach toru wodnego.

Uwzględniając uzyskane wyniki, określono bezpieczne dopuszczalne prędkości na wszystkich odcinkach toru wodnego. Dla statków $T > 10$ m są to następujące wartości:

- kontenerowce, drobnicowce, gazowce LPG ($C_b \leq 0,65$) $V = 8 \div 12$ węzła,
- masowce, zbiornikowce ($C_b \geq 0,75$) $V = 6 \div 10$ węzłów.

7. Dopuszczalne szerokości mijających się statków na wszystkich prostych odcinkach toru wodnego Świnoujście – Szczecin oszacowano na podstawie warunków bezpieczeństwa żegluga w ruchu dwukierunkowym opisanym w metodzie CIRM [4]:

$$D_{it} \geq d_m^{in} + d_m^{out} + 2d_{n(1-\alpha)}^{in} + 2d_{n(1-\alpha)}^{out} + d_r^{in} + d_r^{out} + d_r^s$$

gdzie:

- D_{it} – szerokość dostępnego akwenu żeglugowego dla statków o zanurzeniu T na i -tym odcinku toru wodnego,
- d_r^s – pas rozgraniczający uwzględniający efekt przysysania statków,
- in, out – indeksy oznaczające statki wchodzące i wychodzące.

Dopuszczalne szerokości mijających się statków w zależności od ich zanurzenia i nachylenia skarp toru wodnego przedstawiono w tabl. 1.

Tabl. 1. Określenie bezpiecznych szerokości mijających się statków na prostych odcinkach toru wodnego Świnoujście – Szczecin

$T_1 + T_2$ [m]	$B_1 + B_2$ [m]		
	Nachylenie skarpy		
	1:2	1:3	1:4
8	32	40	47
9	31	38	45
10	30	36	43
11	29	34	41
12	28	33	39
13	27	32	37
14	26	31	35
15	25	30	34
16	24	28	32
17	23	27	30
18	22	26	28
19	21	25	27
20	20	23	25

8. Uzyskane wyniki pozwalają na określenie warunków bezpiecznej eksploatacji statków na każdym z odcinków toru wodnego Świnoujście – Szczecin. Przeprowadzona analiza perspektywicznej przepustowości statków na przebudowanym torze w określonych warunkach bezpiecznej eksploatacji uzasadnia realność takiego rozwiązania [10]. W związku z powyższym określone warunki bezpiecznej eksploatacji statków na torze wodnym Świnoujście – Szczecin stanowią wytyczne do opracowania odpowiednich przepisów portowych.

PODSUMOWANIE

W artykule określono warunki bezpiecznej eksploatacji statków na przebudowanym torze wodnym Świnoujście – Szczecin polegającym na jego pogłębieniu z 10,5 m do 12,5 m i odpowiednim poszerzeniu umożliwiającym wejście do portu Szczecin statków o następujących parametrach:

- wycieczkowce $L_c = 260$ m, $B = 33,0$ m, $T = 9,0$ m,
- kontenerowce $L_c = 240$ m, $B = 33,0$ m, $T = 11,0$ m,
- masowce/ziarnikowce $L_c = 230$ m, $B = 33,0$ m, $T = 11,0$ m.

Warunki bezpiecznej eksploatacji statków zdefiniowano przy wykorzystaniu nowo opracowanej metody określania maksymalnych bezpiecznych parametrów statków w złożonych systemach istniejących dróg wodnych.

Przy wykorzystaniu tej metody określono:

- parametry maksymalnych statków, które mogą bezpiecznie manewrować na torze wodnym,
- dopuszczalne warunki hydrometeorologiczne pozwalające na bezpieczną żeglugę,
- dopuszczalne prędkości statków na poszczególnych odcinkach toru,
- warunki mijania się statków na poszczególnych prostych odcinkach toru wodnego Świnoujście – Szczecin.

Określone w artykule warunki bezpiecznej eksploatacji statków na torze wodnym Świnoujście – Szczecin stanowią wytyczne do opracowania przepisów portowych. Potwierdza to przeprowadzona analiza perspektywicznej przepustowości statków na przebudowanym torze wodnym Świnoujście – Szczecin.

LITERATURA

1. Bąk A., Gucma S., Przywarty M.: The Safety of Navigation in Restricted Areas – Methods of Risk Estimation and Analysis (w druku). Wydawnictwo Naukowe Akademii Morskiej w Szczecinie, 2021.
2. Gucma S.: Conditions of safe ship operation in seaports – optimization of port waterway parameters. Polish Maritime Research; 3(103), 22-29, 2019.
3. Gucma S., Gralak R., Przywarty M.: The maximum safe parameters of ships in complex port waterway systems (w druku). Scientific Journals of the Maritime University of Szczecin, 2021.
4. Gucma S. i inni: Inżynieria ruchu morskiego. Wytyczne do projektowania morskich dróg wodnych i portów oraz warunków ich bezpiecznej eksploatacji. Fundacja Promocji Przemysłu Okrętowego i Gospodarki Morskiej, 2017.
5. Gucma S. i inni: Navigational risk of ships proceeding through a fairway. European Research Studies Journal, Volume XXIV, Issue 3, 811-832, 2021.
6. Gucma S., Zalewski P.: Optimization of fairway design parameters: Systematic approach to manoeuvring safety. International Journal of Naval Architecture and Ocean Engineering, 2020.
7. Instytut Analiz, Diagnoz i Prognoz Gospodarczych (2010). Studium przyszłych społeczno – ekonomicznych efektów pogłębienia toru wodnego Szczecin – Świnoujście do 12,5 m.
8. PIANC (2014). Harbour Approach Channels Design Guidelines. PIANC Report PIANC Secretariat General. Bruksela.
9. Raport (2015). Analiza nawigacyjna modernizacji toru wodnego Świnoujście – Szczecin (pogłębienie do 12,5 m). Raport z pracy naukowo – badawczej Akademii Morskiej w Szczecinie.
10. Raport (2021). Analiza bezpieczeństwa eksploatacji statków na torze wodnym Świnoujście – Szczecin. Analiza bezpiecznej eksploatacji statków na torze wodnym Świnoujście – Szczecin, w Kanale Grabowskim na odcinku do nabrzeża Zbożowego, Kanale Polickim na odcinku do Portu Morskiego, przy uwzględnieniu zrealizowanych, realizowanych i planowanych inwestycji oraz dodatkowego ruchu statków z nimi związanych. Raport z pracy naukowo – badawczej Akademii Morskiej w Szczecinie.
11. Thoresen Carl A.: Port Designer's Handbook. ICE Publishing London, 2014.