ISSN 0209-2069

ZESZYTY NAUKOWE NR 11(83)
AKADEMII MORSKIEJ
W SZCZECINIE

IV MIĘDZYNARODOWA KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA
EXPLO-SHIP 2006

Wojciech Wilpiszewski,
Tomasz Abramowski

Wstępne analizy parametrów projektowych statków rzeka – morze z uwzględnieniem rejonu pływania

Słowa kluczowe: statek rzeczno-morski, rejon żeglugi, parametry projektowe

Dokonano analizy statków rzeka – morze zbudowanych w ostatnich 15 latach, zwracając uwagę na wpływ rejonu pływania na wybrane parametry projektowe. Przedstawione zależności pokazują aktualne trendy w projektowaniu statków tego typu, jak i niewielkie możliwości zmian przy doborze podstawowych parametrów statku. W analizie dążono do określenia możliwości zmian projektowych dla statków rzeka – morze, w związku ze wzrostem zapotrzebowania na tego typu transport i koniecznej optymalizacji rozwiązań projektowych.

Preliminary Analyses of Selected Design Parameters of the River – Sea Vessel Considering the Navigation Region

Key words: river-sea vessel, navigation region, design parameters

The analysis of the river-sea ships built over the past 15 years has been made; selected design parameters of the navigation region have been taken into particular consideration. The presented functions demonstrate the general trend of building this type of vessel and limited possibilities in changing the main dimensions, such as: length, beam, height and draught. The aim of this paper is to determine the possibilities of design changes for river-sea ships as there is a growing interest in this kind of transport.

Wstęp

Analizy parametrów projektowych przeprowadzono pod kątem bezpośredniego, jak i pośredniego wpływu rejonu pływania, jakim są wody śródlądowe (rzeki, kanały, itp.). Przedmiotem analizy jest uniwersalny statek rzeczno-morski. Statki te korzystają z portów morskich oraz śródlądowych państw nadbałtyckich, do których należą: Polska, Łotwa, Estonia, Rosja, Norwegia, Szwecja, Finlandia, Dania, Niemcy. Ze względu na rozszerzenie Unii Europejskiej oraz politykę Unii przewidującą przeniesienie części transportu drogowego na transport wodnymi drogami śródlądowymi oraz szlakami morskimi, w najbliższych latach powinno nastąpić zwiększenie inwestycji w infrastrukturę portów i ich połączeń drogowych, co zapewni skrócenie czasu i obniżenie kosztów transportu.

W przypadku statków rzeczno-morskich wymiary uzależnione są przede wszystkim od ograniczeń: szerokości, długości, zanurzenia oraz wysokości przelotowej. Powyższe ograniczenia wynikają z parametrów fizycznych rzek i kanałów śródlądowych; są różne dla różnych dróg wodnych, stąd też próba ich zestawienia i analiza możliwości projektowych.

1. Klasyfikacja i ograniczenia wynikające ze śródlądowych dróg wodnych

W Europie do międzynarodowego transportu ładunków na trasach typu rzeka – morze rozpatrujemy dwie grupy dróg wodnych (tab. 1):

- rzeki posiadające klasę Va (i wyższe),
- rzeki posiadające klasę VIb (i wyższe).

Niższe klasy rzek w Europie stosowane są jedynie regionalnie i nie mają zastosowania w żegludze rzeczno-morskiej.

Tabela 1

Wybrane wartości z klasyfikacją śródlądowych dróg wodnych
Selected values of inland water route classification

Typ	Klasa	Ograniczenie		
		Długość max. [m]	Szerokość max. [m]	Zanurzenie max. [m]
Międzynarodowe	Va	95 – 110	11,40	2,50 – 2,80
	VIb	140	15,00	3,90

Do klasy Va zalicza się: Ren, Kanał Kiloński, odcinek Łaby, Odrę na odcinku Świnoujście – Szczecin, a także niektóre odcinki rzek belgijskich. Natomiast do klasy VIb zalicza się wszystkie wyżej wymienione oraz: kanał Men – Dunaj łączący rzeki Ren i Dunaj oraz pozwalający na dojście do Morza Czarnego, kanał Mittelanda, łączący Ren z Łabą, kanał Łaba – Seiten, Mozę, Sekwanę, Svir, łączącą Morze Bałtyckie z Wołgą i pozwalającą na dojście do Morza Kaspijskiego, Dunaj.

Pierwsze ograniczenie statków wodnych śródlądowych stanowią klasy rzek. Dodatkowe ograniczenie to maksymalna wysokość statku wynikająca z ograniczenia wysokości przelotowej i zanurzenia, dobrana na podstawie najmniejszej wartości. W analizowanych rejonach występują następujące ograniczenia:

- Ograniczenia drogi wodnej na rzece Men
  Wysokość całkowita statku do 8,40 m, a po złożeniu masztów i wsunięciu nadbudówki (na czas przejścia pod mostami lub innymi ograniczeniami wysokości przelotowej) wysokość przelotowa nie większa niż 4,39 m.
- Ograniczenia drogi wodnej na rzece Dunaj
  Wysokość całkowita statku do 9,56 m, a po złożeniu masztów i wsunięciu nadbudówki (na czas przejścia pod mostami lub innymi ograniczeniami wysokości przelotowej) wysokość przelotowa nie większa niż 7,01 m.
- Ograniczenia drogi wodnej na rzece Ren
  Wysokość całkowita statku do 9,80 m, a wysokość przelotowa nie większa niż 7 m.
- Ograniczenia drogi wodnej kanału Men – Dunaj
  Wysokość całkowita statku do 9,56 m, a po złożeniu masztów i wsunięciu nadbudówki (na czas przejścia pod mostami lub innymi ograniczeniami wysokości przelotowej) wysokość przelotowa nie większa niż 5,41 m.
- Ograniczenia drogi wodnej na rzece Moza
  Wysokość całkowita statku do 7,54 m a wysokość przelotowa nie większa niż 5,04 m.
- Ograniczenia drogi wodnej na rzece Sekwana
  Wysokość całkowita statku do 8,05 m a wysokość przelotowa nie większa niż 5,25 m.
- Ograniczenia drogi wodnej na rzece Łaba
  Wysokość całkowita statku do 8,20 m, a wysokość przelotowa nie większa niż 5,5 m.

- Ograniczenia drogi wodnej na rzece Odra
  Wysokość całkowita statku do 13,00 m, a wysokość przelotowa nie większa niż 7 m.
- Ograniczenia drogi wodnej na rzece Wołga
  Wysokość całkowita statku do 15,79 m, a wysokość przelotowa nie większa niż 12,19 m.
- Ograniczenia drogi wodnej na rzece Svir
  Wysokość całkowita statku do 18,50 m, a wysokość przelotowa nie większa niż 14,9 m.
- Ograniczenia drogi wodnej kanału Łaba – Seiten
  Wysokość całkowita statku do 7,95 m, a wysokość przelotowa nie większa niż 5,25 m.
- Ograniczenia drogi wodnej na rzece Kama
  Wysokość całkowita statku do 16,10 m, a wysokość przelotowa nie większa niż 12,5 m.
- Ograniczenia drogi wodnej kanału Mitteland
  Wysokość całkowita statku do 6,20 m, a wysokość przelotowa nie większa niż 4,2 m.

Tabela 2

Zestawienie dodatkowych ograniczeń śródlądowych dróg wodnych
Additional limitations of inland water waterways

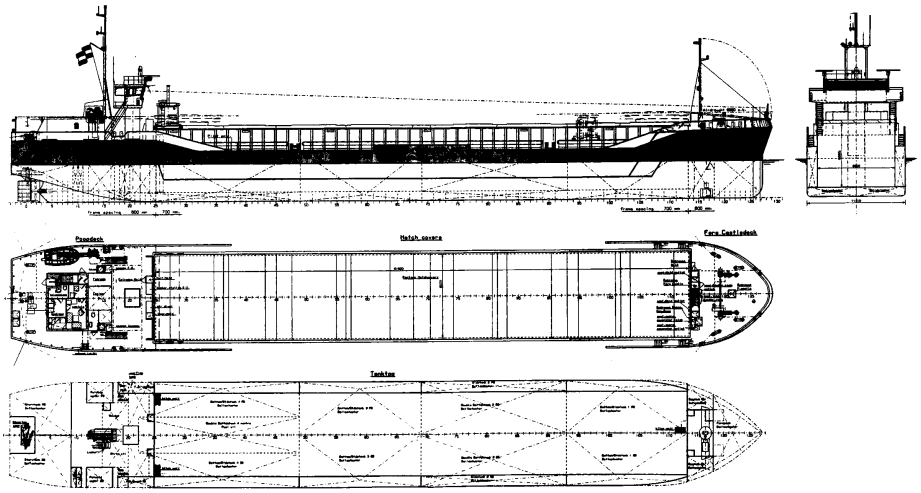
Nazwa rzeki/kanału	Maksymalna wysokość całkowita [m]	Maksymalna wysokość przelotowa [m]
Dunaj	9,56	7,01
Men	8,40	6,00
Kanał Men – Dunaj	8,60	6,00
Ren	9,80	7,0
Moza	7,54	5,04
Sekwana	8,05	5,25
Łaba	8,20	5,50
Kanał Łaba – Seiten	7,95	5,25
Odra	13,00	7,00
Svir	18,50	14,90
Wołga	15,79	12,19
Kama	16,10	12,50
Kanał Mittelanda	6,20	4,20

Najmniejsza wartość wysokości całkowitej statku (włącznie z nadbudówką), występująca w powyższym zestawieniu (tab. 2) wynosi 6,2 m i występuje

jedynie na kanale Mittellanda. Zrezygnowanie z eksploatacji statku tą drogą wodną pozwala na znaczne zwiększenie dopuszczalnej wysokości statku do około 8 m (łącznie z nadbudówką).

2. Charakterystyki statków rzeczno-morskich

Charakterystyki wykonane zostały na podstawie listy, obejmującej 125 statków o szerokości od 11 do 15 m, wybudowanych w latach 1993 – 2005. Ze względu na niekompletność danych, niektóre charakterystyki wykonano na podstawie mniejszej liczby statków. Przeprowadzono szereg analiz, z czego wybrano kilka podstawowych dla ukazania typowych zależności projektowych.

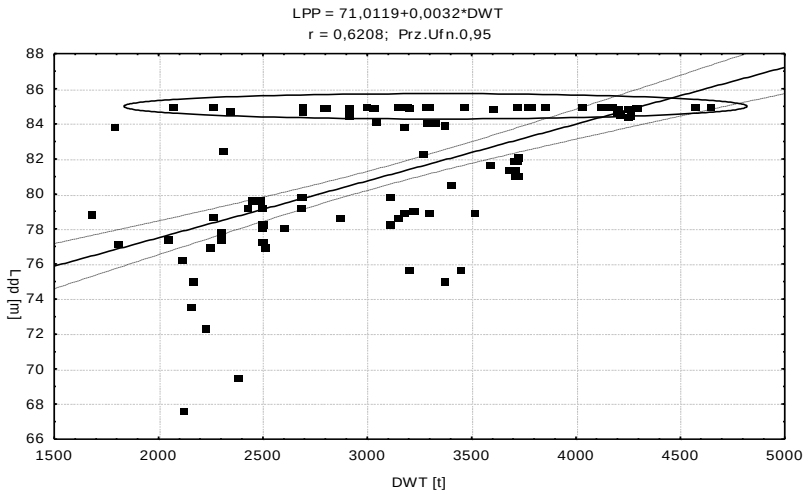


Rys. 1. Sylwetka statku rzeczno-morskiego
Fig. 1. Typical river-sea vessel

Na rysunku 2 wyraźnie zarysowuje się ograniczenie projektowe (zaznaczenie) dotyczące długości statków, nie przekraczające granicy 85 metrów dla długości między pionami. Długość całkowita jest większa, nie przekracza jednak zazwyczaj wartości 90 metrów.

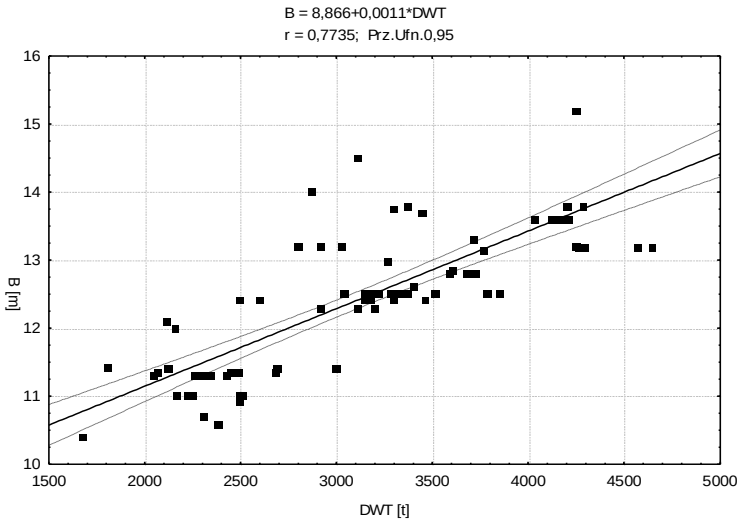
Zarówno długość, jak i szerokość statku rzeczno-morskiego zależą od klasy drogi wodnej. Klasy rzek, przedstawione wcześniej, umożliwiają eksploatację statków do 140 m, jednakże granica 85 metrów rzadko jest przekraczana. W ostatnich dwóch latach zaczęły się pojawiać statki o większej długości. Przykładem tego mogą być dwa statki nie umieszczone w analizie („Primera”, „Palami Voyager”) zbudowane w 2004 roku o długości całkowitej – odpowiednio

135 i 139,55 m. Być może jednostki te wytyczą nowe wartości dla statków budowanych w najbliższych latach.



Rys. 2. Zależność długości między pionami od nośności DWT
Fig. 2. A relationship between L_{BP} and deadweight capacity

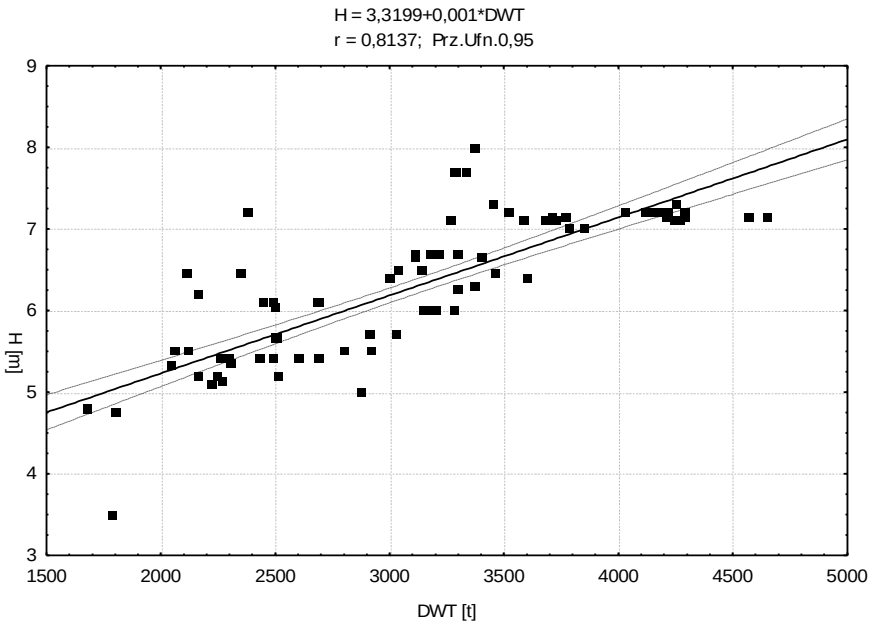
Szerokość statków rzeczno-morskich kształtuje się w trzech podgrupach, zależnych od parametrów drogi wodnej (w tym wypadku szerokości rzeki). Ograniczenia te w sposób widoczny ukazane są na rysunku 3.



Rys. 3. Zależność szerokości od DWT
Fig. 3. A relationship between beam and deadweight capacity

Pierwsza podgrupa to statki o szerokości około 11,4 m; druga o szerokości 12,5 oraz trzecia o szerokości 13,25 m. Maksymalna szerokość statku nie przekracza natomiast 14 metrów, z wyjątkiem kilku statków (maksymalna szerokość drogi wodnej dla klasy VIb to 15 m). Jak widać są jeszcze pewne zapasy przy uwzględnianiu tego parametru.

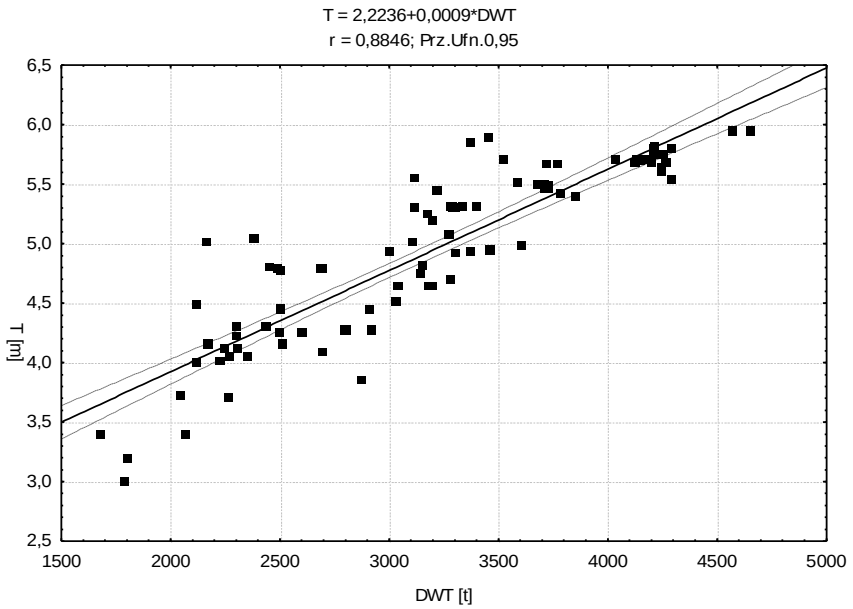
Wysokość statków rzeczno-morskich kształtowana jest poprzez wysokość przelotową na trasie, po której on pływa. Osiąga ona przede wszystkim wartości pomiędzy 4,8 a 7,3 m; co przedstawia rysunek 4.



Rys. 4. Zależność wysokości od DWT
Fig. 4. A relationship between height and deadweight capacity

Istnieją oczywiście wyjątki związane z obszarem działania niektórych statków umieszczonych w analizie. Wynikająca z analizy wysokość H = 7,3 m jest związana z kontenerami przewożonymi w znacznej części tego typu statków, jako podstawowego ładunku. Wysokość ta umożliwia umieszczenie pod pokrywami luków w ładowni dwóch warstw kontenerów. Podniesienie pokładu głównego może spowodować podniesienie środka ciężkości statku, co przy przewozie kontenerów jest bardzo ważnym i w tym przypadku niekorzystnym parametrem, gdyż ograniczy liczbę możliwych do załadowania kontenerów podczas rejsu po morzu. Liczba kontenerów przewożonych na tego typu statkach wynosi od 60 do 250 sztuk.

Przedstawione w analizie zanurzenie jest zanurzeniem maksymalnym dla omawianych statków. Drogi wodne należące do klasy Va i wyższych najczęściej pozwalają na zanurzenie statku do 3,9 m. Należy zwrócić uwagę, iż zanurzenia te tworzą wąski przedział nośności przy tego typu jednostkach.



Rys. 5. Zależność zanurzenia od DWT
Fig. 5. A relationship between draught and deadweight capacity

Z rysunku 5 wynika, iż na wodach śródlądowych zdecydowana większość jednostek nie wykorzysta całkowicie swojej nośności (zanurzenia większe od T_{max} dla tras śródlądowych), co stanowi specyfikę tego typu statków. W czasie swojego rejsu mogą wymagać częściowego rozładunku. Statki rzeczno-morskie posiadają w związku z tym wolną burtę zdecydowanie większą od wymaganej (podczas żeglugi śródlądowej).

Zakończenie

Z pełnej analizy statków rzeczno-morskich wybrano tylko pewne jej parametry. Ze względu na obszerność przeprowadzonych prac część z nich nie została ujęta w powyższym artykule. Wynika z niej jednak kilka wniosków, które należy uwzględnić.

Nadbudówka na statkach rzeczno-morskich umiejscowiona jest na rufie, posiada maksymalnie 2 kondygnacje. Położenie na rufie zapewnia mniejsze przyspieszenia oddziałujące na załogę podczas rejsu (większe bezpieczeństwo statku). Wysokość nadbudówki wynika przede wszystkim z wysokości przelotowej dróg wodnych. W związku z tym ograniczeniem najczęściej na tego typu statkach występuje jeden poziom nadbudówki wraz z dodatkowo unoszoną sterówką, zapewniającą wymagania dotyczące widoczności. Kadłub tych jednostek ma duże wartości współczynnika pełnotliwości, wiąże się to z koniecznością jak najlepszego wykorzystania nośności, przy jednoczesnym ograniczeniu wymiarów głównych. Wartość współczynnika pełnotliwości maleje wraz ze wzrostem liczby Frouda i waha się w granicach 0,7 – 0,9. Cechą charakterystyczną zdecydowanej większości statków rzeczno-morskich jest prędkość od 10 do 12 węzłów. Tak wąski zakres prędkości wynika z liczby Frouda, która mieści się w przedziale 0,17 – 0,25.

Na statkach rzeczno-morskich występuje dziób bez gruszki dziobowej i z małym wzniosem pokładu. Dziobnica ma mały kąt nachylenia. Ze względu na ograniczenia długości statku wynikające z parametrów dróg wodnych, dziób jest tak skonstruowany, aby nie zwiększać wymiarów głównych tych statków. Rufa statków rzeka – morze jest lekko zwężająca się. Na rufie znajduje się tylko nadbudówka, więc nie musi mieć ona pełnej szerokości statku.

Literatura

1. *Baza Lloyd Register* CD ROM, lata 1993 – 2000.
2. C. Cinquini, P. Venini, R. Nascimbene and A. Tiano, "*Design of a river-sea ship by optimization*" Struct Multidisc Optim 22, Springer-Verlag 2001.
3. ECMT (European Conference of Ministers of Transport), *New classification of inland waterways*, 1992.
4. *Shiff und Haffen*, lata 2000 – 2006.
5. *Significant Ships*, A Publication of The Royal Institution of Naval Architects – lata 2000 – 2006.

Wpłynęło do redakcji w lutym 2006 r.

Recenzent

prof. dr hab. inż. Lech Kobyliński

Adresy Autorów

mgr inż. Wojciech Wilpiszewski, e-mail: wwilpi@ps.pl
dr inż. Tomasz Abramowski, e-mail: tomasz.abramowski@ps.pl

Politechnika Szczecińska, Wydział Techniki Morskiej
Katedra Oceanotechniki i Projektowania Systemów Morskich
al. Piastów 41, 71-065 Szczecin