

ŁOSIEWICZ Zbigniew, MIRONIUK Waldemar

KONSTRUKCJE STATKÓW MORSKICH W ASPEKTCIE ZDOLNOŚCI DO PRZETRWANIA PO ZDERZENIU LUB ATAKU PIRACKIM

Streszczenie

Statek morski jest największym środkiem transportu. Katastrofa morska spowodowana kolizją statków lub atakiem pirackim niesie za sobą wielkie straty finansowe, lokalne katastrofy ekologiczne oraz śmierć ludzi. O wielkości negatywnych skutków może decydować konstrukcja statku.

WSTĘP

Statek morski jako jednostka transportowa jest największym i najtańszym środkiem transportu. Dlatego też wraz z rozwojem techniki i technologii nastąpił gwałtowny rozwój zarówno specjalistycznych typów statków jak i dedykowanej im infrastruktury portowej.

Specjalizacja transportowych jednostek pływających (nazywanych dalej statkami) znacznie zróżnicowała zastosowane przy ich projektowaniu rozwiązania konstrukcyjne. Ma to wpływ na wzrost efektywności przewozów towarów oraz pasażerów. Równocześnie od konstrukcji statków zależy poziom bezpieczeństwa w przypadku wystąpienia zderzenia lub uszkodzenia podczas ataku pirackiego, których następstwem jest uszkodzenie kadłuba uniemożliwiający wykonanie zadania transportowego lub utrata jednostki.

Jednostka transportowa powinna być zaprojektowana zgodnie z potrzebami armatora, przy równoczesnej zgodności z obowiązującymi przepisami dotyczącymi bezpieczeństwa konstrukcyjnego (pojmowanego, jako zdolność przetrwania w warunkach eksploatacyjnych) jak i bezpieczeństwa ekologicznego (pojmowanego jako akceptowalne zagrożenie stwarzane przez jednostkę transportową dla środowiska naturalnego).

Armator dążąc do osiągnięcia jak najlepszych wyników ekonomicznych, traktuje często zabezpieczenia konstrukcyjne jak i systemy bezpieczeństwa, jako dodatkowe, zbędne koszty. Stosuje więc najtańsze rozwiązania wymagane przez towarzystwa klasyfikacyjne i akceptowane przez firmy ubezpieczeniowe.

Spektakularne katastrofy stają się argumentami do zaostrzania przepisów prawnych i zgody społeczeństwa światowego do ponoszenia kosztów będących następstwem wdrażania tych przepisów.

Katastrofa morska spowodowana kolizją statków lub atakiem pirackim niesie za sobą wielkie straty finansowe, lokalne katastrofy ekologiczne oraz śmierć ludzi. O wielkości negatywnych skutków może decydować konstrukcja statku.

1. OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA WYBRANYCH TYPÓW STATKÓW WG WYBRANYCH KRYTERIÓW

W referacie przedstawiono dwa typy statków: specjalistyczne statki do przewozu kontenerów – kontenerowce komorowe (**FC** – full container ships, cellular ships) i statki typu RoRo (do przewozu ładunków tocznych). Statki te są specjalistycznymi jednostkami aplikacyjnymi, i ich rozwiązania konstrukcyjne są wynikiem kompromisu między dążeniem armatora do wzrostu efektywności przewozu ładunku i bezpieczeństwa statku wymuszonego przez obowiązujące przepisy prawne [1].

Do porównania wymienionych wyżej typów statków przyjęto kryteria:

1. Rodzaj i charakterystyka przewożonego ładunku
2. Charakterystyczne cechy konstrukcyjne

1.1. Kontenerowiec FC

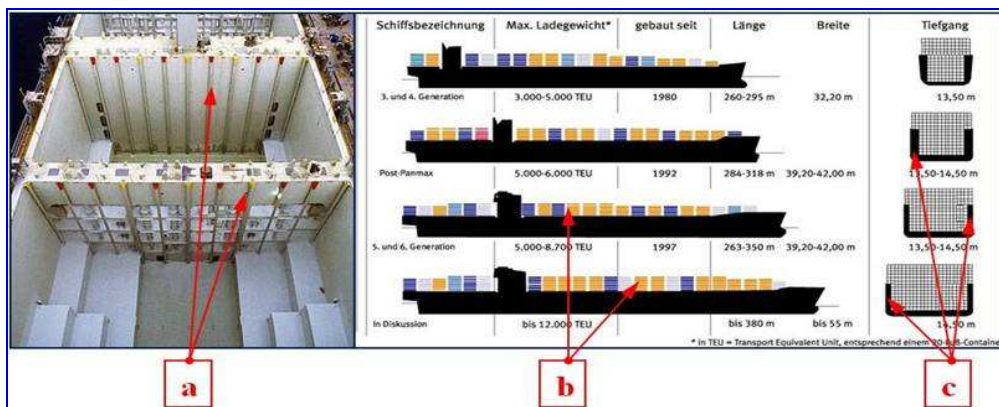
Kontenerowiec, ewolucyjna wersja drobnicowca, przystosowanego do transportu jednostek ładunkowych – kontenerów. Jest statkiem wyposażonym w specjalne prowadnice służące do pionowego załadunku i wyładunku kontenerów, których większa część jest przewożona na pokładzie. Wymaga to specjalnych rozwiązań konstrukcyjnych zapewniających pewne i bezpieczne mocowanie kontenerów oraz zapewnienie stateczności.



Rys. 1. Kontenerowiec FC, statek, na którym, większa część ładunku jest przewożona na pokładzie
Źródło: [2]

►► **Rodzaj i charakterystyka przewożonego ładunku** – kontenery, jednostki opakowania odporne na warunki atmosferyczne (standardowe określane w TEU lub FEU), mocowanie ładunku w ładowni – bardzo stabilne lub na pokładzie, gdzie najniższe 3-4 poziomy umocowane w gniazdach i w prowadnicach – stabilne, powyżej prowadnic, mocowane uchwytami i odciągami mało stabilne.

►► **Charakterystyczne cechy konstrukcyjne** – smukły kadłub, dwupozyciowy, wewnątrz kadłuba grodzie poprzeczne, mogą być wodoszczelne lub perforowane (budowa komorowa), większość ładunku na pokładzie, w ładowni system drenów oraz pompy zęzowe ładowni dużej wydajności.



Rys. 2. Kontenerowiec – a) budowa komorowa, b) ładunek na pokładzie, c) podwójne poszycie kadłuba [2]

Źródło: [2]

Długi kadłub bez pokładu podczas pracy na fali jest podatny na odkształcenia, dlatego też w każdym stanie eksploatacyjnym prowadzone są obliczenia wytrzymałościowe. Obecnie stosuje się specjalistyczne systemy komputerowe.



Rys. 3. Kontenerowiec – a) długi kadłub bez pokładu podczas pracy na fali jest podatny na odkształcenia, b) w każdym stanie eksploatacyjnym prowadzone są obliczenia wytrzymałościowe [2]

Źródło: [2]

►► Wypadki morskie z udziałem kontenerowca

Najczęściej występujące wypadki morskie z udziałem kontenerowców, to uszkodzenie poszycia kadłuba, utrata stateczności, pożary.

► **Pęknięcie kadłuba na skutek zmęczenia materiału.** Obie części zachowały pływalność dostatecznie długo, żeby załoga opuściła statek. Pierwsza utonąła część rufowa. Część dziobowa była holowana, ale na skutkach wybuchu pożaru, również utonąła. Ponieważ głębokość morza w tamtym miejscu jest ok. 3000m trudno będzie ustalić przyczynę.



Rys. 4. Kontenerowiec – a) pęknięcie kadłuba na skutek zmęczenia materiału, elipsą zaznaczone środki ratunkowe, b) część rufowa utrzymująca przez potrzebny do ewakuacji załogi czas stateczność, strzałka wskazuje miejsce przełamania , c) podwójne poszycie kadłuba oraz grodzie pozwoliły na utrzymanie dziobowej części pływalności, elipsą zaznaczona poprzeczna gródź wodoszczelna [3]

Źródło: [3]

► Utrata stateczności kontenerowca podczas załadunku w Antwerpii

Kontenerowiec Republica di Genova, całkowicie załadowany, gotowy do wyjścia w morze, zaczął się przechylać i przewrócił się na prawą burtę. Godzinę wcześniej przyjął paliwo do zbiornika wskazanego podczas obliczeń stateczności. Okazało się to błędem. Prawdopodobnie błędnie były podane masy kontenerów, błędne obliczenia środków ciężkości, co stało się podstawą do błędnych obliczeń stateczności komputera pokładowego.



Rys. 5. Kontenerowiec: a) Utrata stateczności kontenerowca podczas załadunku w Antwerpii, b) położenie ładunku na pokładzie sugeruje podobną sytuację pod pokładem [2]

Źródło: [2]

1.2. Statek Ro-Ro

Statek Ro-Ro (Roll On / Roll Off) – [wg PRS] „...statek ro-ro oznacza statek, który wykorzystuje rampę załadunkową umożliwiającą załadunek i rozładunek pojazdami w systemie poziomym. „...Pomieszczenia Ro-Ro – pomieszczenia ładunkowe zwykle nie podzielone na przedziały, rozciągające się na znacznej części lub na całej długości statku,

przeznaczone do przewozu pojazdów samochodowych z zatankowanym paliwem oraz/lub ładunków (opakowanych lub luzem, znajdujących się w wagonach kolejowych, na pojazdach samochodowych, podwoziach samobieżnych i innych środkach transportu (np. w cysternach samochodowych lub kolejowych), przyczepach, kontenerach, na paletach, w zbiornikach zdejmowanych lub podobnych zestawach ładunkowych lub w innych opakowaniach), które normalnie mogą być załadowywane i rozładowywane poziomo.



Rys. 6. Statek Ro-Ro – a) Statek przystosowany do załadunku i wyładunku w systemie ro-ro tj. przy użyciu statkowych wrót/ramp, za pomocą środków transportu kołowego [2]

Źródło: [2]

►► **Rodzaj i charakterystyka przewożonego ładunku** – pojazdy samochodowe z zatankowanym paliwem oraz/lub ładunki (opakowane lub luzem, znajdujące się w wagonach kolejowych, na pojazdach samochodowych, podwoziach samobieżnych i innych środkach transportu (np. w cysternach samochodowych lub kolejowych), przyczepach, kontenerach, na paletach, w zbiornikach zdejmowanych lub podobnych zestawach ładunkowych lub w innych opakowaniach), które normalnie mogą być załadowywane i rozładowywane poziomo [PRS]

►► **Charakterystyczne cechy konstrukcyjne** – Statek o kadłubie dwupozyciowym, przystosowany do załadunku i wyładunku w systemie ro-ro tj. przy użyciu statkowych wrót/ramp, za pomocą środków transportu kołowego.



Rys. 7. Statek Ro-Ro – a) pokłady o dużej powierzchni, bez przegród poprzecznych, rampy stałe lub podnoszone, b) na pokładzie widoczne miejsca do mocowania ładunku [2]

Źródło: [2]

Statek Ro-Ro posiada pokłady o dużej powierzchni, bez przegród poprzecznych, rampy stałe lub podnoszone. Podnoszone rampy stanowią z pokładem jedną płaszczyznę, lecz nie muszą być wodoszczelne. Pojazdy o różnych wymiarach, masach, trudnym do wyznaczenia środkiem ciężkości, o niestabilnym podwoziu, zamocowane są pasami lub łańcuchami do pokładu. Jest to ładunek czuły na przeciążenia spowodowane pracą statku na fali.



Rys. 8. Statek Ro-Ro – a) pokład ładunkowy o dużej przestrzeni z ładunkiem pojazdów o różnych wymiarach, masach, trudnym do wyznaczenia środka ciężkości, b) pokład ładunkowy o dużej przestrzeni z samochodami osobowymi o niestabilnym podwoziu, zamocowanych pasami [2]
 Źródło: [2]

1.3. Wypadki morskie z udziałem wybranych typów statków

►► Wypadki morskie z udziałem statków Ro-Ro

► Statek Ro-Ro w 2006 r. z 4700 samochodami na pokładzie przewrócił się u wybrzeży Alaski. Samochody te, to w 60 procentach MAZDA3s i w 30 procentach to Mazda CX-7s. Powodem były błędne operacje balastowe na pełnym morzu związane z wymaganą prawem wymianą wód balastowych.



Rys. 9. Statek Ro-Ro – a) na szczęście statek zachował szczelność, stracił stateczność b) literą „D” zaznaczono zanurzenie, które jak widać jest ok. 2 razy mniejsze od wolnej burty (wynosi ok.12 m), co przy zalanych niewłaściwie balastach spowodowało utratę stateczności [4]
 Źródło: [4]

Armator nie podał przyczyn wypadku. Około 80 % samochodów zostało zniszczonych, armator poniósł straty ok. 100mln \$.



Rys. 10. Statek Ro-Ro – a,b) 80 % samochodów zostało zniszczonych, armator poniósł straty ok. 100mln \$ [5]

Źródło: [5]

► **Statek Ro-Ro Baltic Ace.** zderzył się z kontenerowcem dowozowym Corvus J 05.12.2013 na Morzu Północnym. Statek Corvus J uderzył w lewą burtę Baltic Ace doznając uszkodzenia gruszki dziobowej i stewy dziobowej.

Statek Baltic Sea uderzony w burtę pod linią wodną i rozdarty nieco powyżej pokładu ładunkowego przechylił się i zatonął w ciągu ok. 15 minut po kolizji.

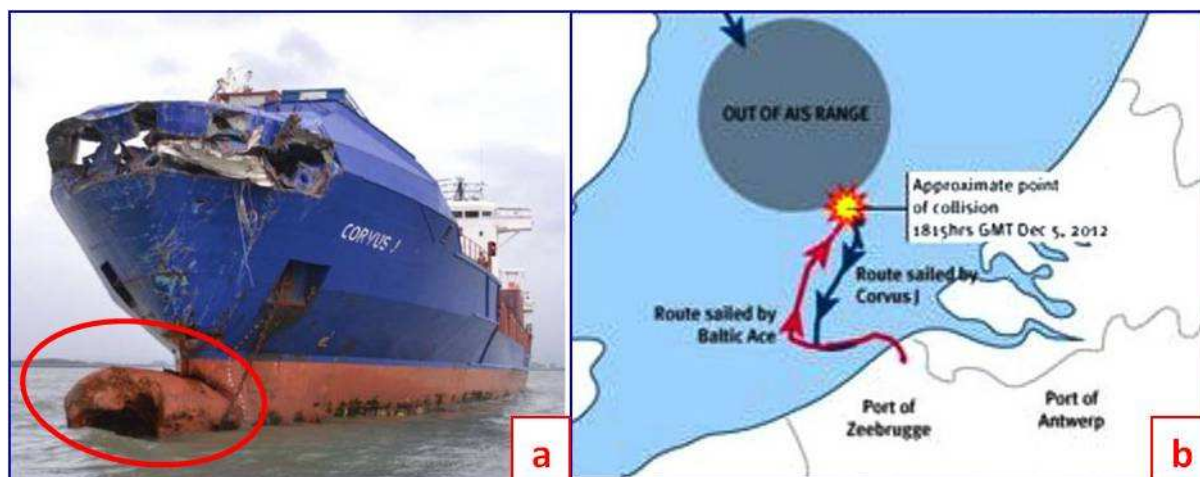
Utrata stateczności spowodowana została wysoko położonym środkiem ciężkości i wodą na pokładzie ładunkowym, która jako powierzchnia swobodna pogłębiała przechył. Zginęło 11 marynarzy.



Rys. 11. Statek Ro-Ro: a) Baltic Ace, lewa burta, w którą uderzył kontenerowiec, b) po zderzeniu z mniejszym kontenerowcem, Baltic Ace utonął po 15 minutach [7]

Źródło: [7] .

Kontenerowiec Corvus J uderzył mocno usztywnionym konstrukcyjnie dziobem z gruszką dziobową oraz szczytem dziobu usztywnionym osłoną pokładu manewrowego, służącą do osłony kontenerów przed falami. Uderzenie takie spowodowało rozdarcie poszycia Baltic Ace poniżej linii wodnej, i prawdopodobnie rozszczelnienie furt i wodoszczelnego górnego pokładu.



Rys. 12. Statek Ro-Ro: a) Kontenerowiec dowozowy Corvus J, elipsą zaznaczona Gryszka dziobowa, której uderzenie spowodowało rozdarcie poszycia Baltic Ace poniżej linii wodnej b) szkic trasy statków[6]

Źródło: [6] .

PODSUMOWANIE

Statki typu Ro-Ro są najbardziej ekonomicznymi środkami transportowymi. Łączą szybkość za i wyładunku oraz mogą przewieźć ogromną ilość wartościowego ładunku. Dlatego też przestrzeń na tych statkach jest cenna.

Statki kontenerowce to największe środki transportu intermodalnego, podobnie jak statki Ro-Ro mogą przewieźć ogromną ilość wartościowego ładunku.

Dlatego też armatorzy budują coraz większe jednostki, równocześnie ograniczając koszty.

Mimo stosowania nowoczesnych rozwiązań konstrukcyjnych, usprawniania procedur załadunku i nadzoru kontenerów, rozwoju elektronicznych systemów obliczania stateczności, nadal dochodzi do spektakularnych zatonięć szczególnie statków Ro-Ro (np. Baltic Ace, w grudniu 2012r.)

Wypadki takie nie występują z takim natężeniem we flocie kontenerowców, ponieważ posiadają w części ładunkowej poprzeczne przegrody .

Z analizy przyczyn wypadków wynika, że najważniejszą rolę odgrywa tzw. czynnik ludzki.

Statki Ro-Ro posiadają coraz więcej pokładów, a wykonane są z tak samo grubych blach poszycia (stosuje się uniki oszczędnościowe), co zmniejsza stosunek zanurzenia w stosunku do wolnej burty, bardzo mocno wypiętrzonej nad powierzchnię wody.

Współczesne statki typu RoRo i kontenerowce są przeciążane ładunkiem i żeglugą na czas w trudnych warunkach. Przy coraz wyższych stosach kontenerów, wzrasta ryzyko, że wyeksploatowane kontenery mogą nie wytrzymać nacisku.

Omawiane statki wyposażone w przedziały wodoszczelne o zbyt małej objętości (dwupozyciowe burty). Armatorzy chcą mieć jak największą przestrzeń ładunkową. Ze zbyt małym współczynnikiem bezpieczeństwa oblicza się stateczność awaryjną (przy niewiarygodności danych o masie i środku ciężkości ładunku).

Bardzo ważnym elementem pod kątem inżynierii bezpieczeństwa jest fakt, że dane brane do obliczeń są niewiarygodne. Kapitan nie ma pewności, jaki ładunek znajduje się na statku, co znajduje się w kontenerach, pojemnikach oraz na pojazdach, niepowtarzalne też są gabaryty i masa ładunków. Nie można przewidzieć, jak zmieni się środek ciężkości kontenera, przy przesunięciu się ładunku na skutek pracy statku na wzburzonym morzu. Ze zbyt dużym błędem dokonuje się obliczeń statecznościowych.

Również z dużo większą starannością powinny być wykonywane procedury związane z eksploatacją morską omawianych statków (ale często załogi są przemęczone).

BIBLIOGRAFIA

1. Focus on IMO International Maritime Organization, IMO and ro-ro safety, 4 Albert Embankment, Londyn, 1997.
2. www.answers.com/topic/container-ship
3. pandawhale.com/post/23733/container-ship-breaks-in-half-sinks-burns-boing-boing
4. www.wired.com
5. www.caranddriver.com
6. www.crewforum.ro/Baltic-Acei
7. banzaj.pl/galeria/baltic-ace

CONSTRUCTION OF MARINE VESSELS IN VIEW OF ABILITY TO SURVIVE AFTER COLLISION OR THE PIRATE'S ATTACK

Abstract

Marine vessel is the largest means of transport. Maritime disaster caused by collision of ships or pirate's attack involves huge financial losses, the local ecological disasters and the death of people. About the size of the negative effects can decide the structure of the ship.

Autorzy:

dr inż. **Zbigniew Łosiewicz** – Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, Katedra Inżynierii Bezpieczeństwa i Energetyki, Zakład Inżynierii Bezpieczeństwa, HORN.losiewicz@wp.pl

kmdr dr inż. **Waldemar Mironiuk** – Akademia Marynarki Wojennej w Gdyni, Wydział Nawigacji i Uzbrojenia Okrętowego, Katedra Eksploatacji Jednostki Pływającej, w.mironiuk@amw.gdynia.pl