

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

---

**PRACE WYDZIAŁU NAWIGACYJNEGO**

---

Zbigniew Szozda

**Kształtowanie się przepisów  
dotyczących zapewnienia stateczności poprzecznej statków  
w stanie nieuszkodzonym**

Słowa kluczowe: *stateczność, ocena stateczności, kryteria stateczności.*

*W artykule przedstawiono etapy formułowania kryteriów oceny stateczności statków w stanie nieuszkodzonym. Dokonano krytycznej oceny aktualnego podejścia do zapewnienia stateczności statków. Przedstawiono także bieżące zamierzenia Międzynarodowej Organizacji Morskiej w tym zakresie.*

**Evolution of Intact Ship Stability Assurance**

Keywords: *stability, stability assessment, stability criteria.*

*The paper presents process of formulation of intact ship stability criteria. The critical assessment of present approach to stability assurance is made. Present intentions of International Maritime Organisation in this aspect are presented.*

## 1. Wstęp

Stateczność, a w szczególności stateczność poprzeczna, statku morskiego w stanie nieuszkodzonym jest bardzo ważnym aspektem bezpieczeństwa działalności człowieka na morzu. Jest warunkiem użyteczności statku, jako środka transportu. Utrata stateczności statku prowadzi najczęściej do jego przewrócenia, co wiąże się ze stratą statku, ładunku i poważnym zagrożeniem życia ludzkiego.

Od zarania dziejów żegluga budowniczy statków i marynarze byli świadomi konieczności zapewnienia statkom odpowiedniej stateczności polegającej na zdolności statku do pozostawania w odpowiednim położeniu równowagi oraz na odpowiedniej reakcji statku na momenty przechylające spotykane w przyrodzie.

Historia żegluga liczy wiele tysięcy lat. Jednakże zapewnienie bezpieczeństwa statecznościowego statków poprzez formułowanie i egzekwowanie odpowiednich przepisów (narodowych bądź międzynarodowych) nastąpiło dopiero w ostatnim stuleciu. Przepisy te są obowiązkowe dla pewnych typów statków lub też mogą mieć charakter zaleceń. Podstawą formułowania aktualnie istniejących przepisów były badania statystyczne wypadków morskich polegających na przewróceniu się statków. Badania te przeprowadzone zostały głównie w latach trzydziestych i sześćdziesiątych poprzedniego stulecia.

Sposoby zapewniania bezpieczeństwa statecznościowego podlegają ciągłej ewolucji. Jest ona związana z kolejnymi osiągnięciami naukowymi skutkującymi rozwojem techniki i technologii.

## 2. Etapy formułowania przepisów statecznościowych

Przez długie lata (do XIX wieku) panował pogląd, iż zabezpieczenie statku przed przewróceniem się należy do obowiązków kapitana. Wiedza na temat budowy i eksploatacji statecznych statków, oparta o podstawy naukowe, zaczęła rozwijać się dopiero w XVIII i XIX wieku [9, Kastner 2003].

Aktualnie obowiązujące podejście do zapewnienia statkom odpowiedniej stateczności to formułowanie przepisów statecznościowych. Przepisy statecznościowe w zakresie ilościowym mają charakter kryteriów oceny, które wyraża się w formie nierówności. Ogólna struktura kryteriów może być opisana następującym schematem: wielkość fizyczna opisująca stateczność – znak nierówności – wartość dopuszczalna (kryterialna).

Ewolucja zapewniania stateczności poprzecznej statków w stanie nieuszkodzonym (w rozumieniu formułowania przepisów narodowych lub międzynarodowych) charakteryzuje się kilkoma dość łatwo dającymi się wyodrębnić etapami. Etapy te odnoszą się przede wszystkim do stosowanych mierników stateczności, czyli wielkości wykorzystywanych do ilościowego opisu stateczności.

#### A. „Próby i błędy”.

Początki zapewnienia stateczności polegały na budowaniu statków „intuicyjnie” i obserwacji ich właściwości w praktyce. „Błędy” to rozwiązania konstrukcyjne, tych statków, które przewróciły się w trakcie użytkowania. Wnioski z obserwacji dawały podstawy do określania odpowiednich proporcji kształtów kadłuba, rekomendacji co do rozmieszczenia ładunku, itp. Wiedza o budowaniu statecznych statków przechodziła z pokolenia na pokolenie w formie „dobrej praktyki” i była pilnie strzeżona przez środowiska budowniczych.

#### B. Minimalna wolna burta.

Najstarsze znane zapisy odnoszące się do bezpieczeństwa statków pośrednio związanego z jego statecznością dotyczą rekomendacji związanych z wolną burta. Są to zapisy z I wieku przed naszą erą. Znak wolnej burty był już stosowany w średniowieczu [10]. Od drugiej połowy osiemnastego wieku można było zaobserwować opracowywanie i wdrażanie do eksploatacji statków rekomendacji i oficjalnych wymagań w zakresie wolnej burty. Prekursorem tego nurtu był Lloyd's Register of Shipping, wydając coraz to doskonalsze przepisy w tym zakresie. Obecnie przepisy wolnej burty są wymaganiami międzynarodowymi i są wydane w postaci *Międzynarodowej konwencji o liniach ładunkowych*.

Wymaganie określonej wartości wolnej burty pośrednio określa charakterystyki statecznościowe statków ze względu na to, że tworzony jest odpowiedni zapas pływalności (szczelnej objętości kadłuba statku nad powierzchnią wody). Powoduje to po przechyle statku odpowiednie odsuwanie się linii działania siły wyporu od linii działania siły ciężkości, tworząc ramię prostujące statek. Prawdopodobnie prekursorzy wymagań dotyczących wolnej burty nie byli świadomi tego faktu, niemniej jednak wymaganie wolnej burty, dostatecznie jak na tamte czasy, mogło zabezpieczać (w pewnym zakresie) statek przed przewróceniem się.

#### C. Początkowa wysokość metacentryczna.

Początkowa wysokość metacentryczna zdefiniowana została w połowie osiemnastego wieku [1]. Do połowy dwudziestego wieku nie określono jej granicznych wielkości, po przekroczeniu których stateczność statku mogłaby być uznana za wystarczającą. Wnioski z analizy wypadku statku „Captain” w roku 1870 wykazały, że początkowa wysokość metacentryczna nie może być postrzegana jako wystarczający miernik stateczności. Niestety ten nieprawidłowy pogląd, choć zweryfikowany postępowaniem nauki i usankcjonowany przepisami statecznościowymi, funkcjonuje niekiedy wśród marynarzy do dnia dzisiejszego. Oficjalne (narodowe) standardy dotyczące początkowej wysokości metacentrycznej po-

jawiły się dopiero po drugiej wojnie światowej. Rekomendacje opracowane przez Międzynarodową Organizację Morską opublikowane zostały w postaci Rezolucji A. 167 w roku 1968 [3].

#### D. Krzywa ramion prostujących.

Standaryzacja krzywej ramion prostujących to dorobek okresu międzywojennego XX wieku [12]. Krzywa ramion prostujących i początkowa wysokość metacentryczna to podstawowe mierniki stateczności wykorzystywane aktualnie do zabezpieczenia statku przed przewróceniem się. Graniczne parametry krzywej ramion prostujących, które muszą być przekroczone, aby uznać, iż statek ma wystarczającą stateczność, zostały opracowane z wykorzystaniem badań statystycznych statków, które przewróciły się w określonych warunkach pogodowych.

#### E. Pole powierzchni pod krzywą ramion prostujących i uproszczone momenty przechylające.

Określanie minimalnych pól pod krzywą ramion prostujących to próba uwzględnienia czynników dynamicznych działających na statek. Pola pod krzywą ramion prostujących związane są z pracą, jaką trzeba wykonać, aby przechylić statek do określonego kąta przechyłu. Niektóre czynniki przechylające statek zostały uwzględnione w sposób uproszczony przez narzucenie wymogów odpowiedniej relacji między ramieniem przechylającym spowodowanym danym czynnikiem a ramieniem prostującym. Podejście to zostało wprowadzone do eksploatacji statku w drugiej połowie XX wieku [4, 5].

Podejście do zapewnienia stateczności statków, obowiązujące w dniu dzisiejszym, zawarte jest przede wszystkim w Rezolucji A.749(18) – *Code on intact stability for all types of ships covered by IMO instruments* [5]. Rezolucja ta potocznie nazywana jest *Kodeksem stateczności statków*. Istnieje wiele innych międzynarodowych konwencji bądź rezolucji oraz przepisów narodowych, które odnoszą się także do bezpieczeństwa statecznościowego statków.

*Konwencja SOLAS* nie stanowi przepisów odnoszących się bezpośrednio do stateczności statku w stanie nieuszkodzonym. Konwencja ta wymaga (w zakresie stateczności) dla pewnych typów statków odpowiedniego podziału grodziowego oraz posiadania w stanie nieuszkodzonym wystarczającej stateczności tak, aby po zatopieniu wodą zaburtową określonej grupy przedziałów statek nie utonął, nie przewrócił się i miał odpowiednio dużą zdolność do przeciwstawiania się zewnętrznym momentom przechylającym. Miernikami tej zdolności są głównie początkowa wysokość metacentryczna i krzywa ramion prostujących. Dlatego wymagania *Konwencji SOLAS* wpływają pośrednio na stateczność statku w stanie nieuszkodzonym.

### 3. Krytyka aktualnego podejścia do zapewnienia bezpieczeństwa statecznościowego statków

Zarówno aktualne przepisy statecznościowe jak i podejście do zapewnienia bezpieczeństwa statecznościowego statków w stanie nieuszkodzonym są obecnie przedmiotem krytyki [2, 6, 7]. Podstawowe mankamenty, które podnoszone są głównie przez Podkomitet SLF, mogą być usystematyzowane w następujący sposób:

1. Kryteria oceny stateczności są dalekie od uwzględniania skomplikowanych zjawisk fizycznych związanych z hydromechaniką okrętu. Odnoszą się w zasadzie do krzywej ramion prostujących obliczanej dla spokojnej wody. W bardzo przybliżony sposób uwzględniają zewnętrzne momenty przechylające statek, biorąc pod uwagę tylko niektóre zjawiska, niekoniecznie te najbardziej niebezpieczne.
2. Kryteria oceny stateczności zostały opracowane w latach 60-tych z wykorzystaniem metody opartej na statystyce wypadków statecznościowych, które miały miejsce w przeszłości, na podstawie danych dotyczących statków eksploatowanych w tamtych czasach. Stosowanie tych kryteriów w odniesieniu do nowoczesnych statków może powodować trudności techniczne i nie zapewniać odpowiedniego poziomu bezpieczeństwa.
3. Rutynowe stosowanie przepisów może prowadzić (i często tak jest) do **falszywego poczucia bezpieczeństwa**, co jest szczególnie niebezpieczne w przypadku marynarzy, którzy interpretują przepisy w następujący sposób: *kryteria stateczności spełnione – statek bezpieczny z punktu widzenia stateczności*.
4. Przepisy statecznościowe opracowane przez Międzynarodową Organizację Morską nie mają mocy prawnej<sup>1</sup>. Status prawny *Kodeksu stateczności statków* może być przedstawiony w następujących zdaniach: Statki muszą spełniać wymagania statecznościowe państwa bandery. Jeżeli dane państwo nie ma doświadczenia w stosowaniu swoich własnych wymagań, to w takim przypadku IMO zachęca to państwo do stosowaniu wymagań opracowanych przez IMO i opublikowanych w *Kodeksie stateczności statków*.
5. Różne państwa stosują różne standardy stateczności. Państwa te można podzielić umownie na dwie grupy:
  - a) państwa, które opracowały i stosują swoje narodowe standardy;
  - b) państwa, które stosują wymagania zawarte w *Kodeksie stateczności statku* – Rezolucja A. 749(18), wprowadzając ewentualnie nieznaczne modyfikacje.

<sup>1</sup> Nie dotyczy to wszystkich typów statków. Na przykład statki przewożące ziarno luzem muszą spełniać wymagania SOLAS Część VI.

Dodatkowym mankamentem podnoszonym przez Podkomitet SLF jest trudność określenia poziomu bezpieczeństwa statecznościowego, jaki jest zapewniony przez stosowanie aktualnego podejścia do oceny stateczności. Niemniej jednak trzeba nadmienić, że podejście to funkcjonując już ponad pół wieku spowodowało znaczną poprawę bezpieczeństwa statecznościowego statków, na co wskazują statystyki wypadków statecznościowych. Nie ma jednak żadnych gwarancji, że podejście to zapewni odpowiedni poziom bezpieczeństwa dla nowych statków, posiadających inne charakterystyki (wymiary, moce maszyn, proporcje kształtu kadłuba, itp.), niż statki będące podstawą opracowania aktualnych kryteriów.

#### 4. Działania podjęte przez IMO

Mając na uwadze powyższe mankamenty związane z zapewnianiem stateczności statków Podkomitet SLF na 45. Sesji, która odbyła się w roku 2002, zaproponował następujące działania, które w przyszłości mają zapewnić lepsze bezpieczeństwo statecznościowe statków w stanie nieuszkodzonym [6, 7, 8]. Działania, o które chodzi, podzielone zostały na dwa etapy.

I. **Etap krótkoterminowy**, którego zakończenie planowane było na rok 2004, (wiadomym już jest, iż nie zostanie on zakończony przed rokiem 2006).

I.1. Zmiana struktury *Kodeksu stateczności statków* z planowanym podziałem na trzy części:

- a) Część A zawierająca obowiązkowe kryteria oceny stateczności, które zostaną wprowadzone do projektowania i eksploatacji statków objętych *Konwencją SOLAS* i *Konwencją LL* przez odpowiednie zapisy w tych konwencjach.
- b) Część B zawierająca rekomendacje dla projektantów i operatorów statków odnoszące się do bezpieczeństwa statecznościowego.
- c) Część C zawierająca objaśnienia do części A i B.

I.2. Drobne korekty treści istniejącego *Kodeksu stateczności statków*, które nie skutkują zmianą aktualnego podejścia do zapewnienia bezpieczeństwa statecznościowego i nie wymagają weryfikacji, np. w formie badań naukowych.

II. **Etap długoterminowy**, którego zakończenie planuje się na rok 2007.

II.1. Wprowadzenie możliwości alternatywnych metod oceny stateczności statków, wśród których wymienia się:

- a) symulacje komputerowe,
- b) badania modelowe,
- c) pomiary zachowania się statku w warunkach morskich w skali rzeczywistej.

II.2. Opracowanie nowej metodologii określania standardów stateczności statków w oparciu o zachowanie się statku (kołysania) w określonych warunkach pogodowych i nawigacyjnych (tzw. *Performance based criteria*). Metodologia ta powinna uwzględniać następujące zagadnienia:

- a) parametry związane ze statkiem (kształt kadłuba, rozplanowanie przestrzenne, stan załadowania), które powinny być wzięte pod uwagę;
- b) opracowanie zestawu kryteriów oceny;
- c) standardy procedur obliczeniowych oraz standardy do wykonywania badań modelowych;
- d) standardy dla programów komputerowych;
- e) wprowadzenie nowego podejścia do projektowania i eksploatacji statków;
- f) wprowadzenie nowego podejścia do zapisów prawa (np. w formie międzynarodowej rezolucji lub konwencji).

#### Wykaz skrótów

Skrót	Znaczenie
IMO	Międzynarodowa Organizacja Morska
SLF	Podkomitet ds. stateczności, linii ładunkowych i bezpieczeństwa statków rybackich (Komitetu Bezpieczeństwa na Morzu)
SOLAS	<i>Międzynarodowa konwencja o bezpieczeństwie życia na morzu</i>

#### Bibliografia

1. Bouguer P., (1746). *Traite du navire, de sa construction et ses mouvements*, Paris.
2. Francescutto A., Serra A., *A critical analysis of weather criterion for intact stability of large passenger vessels*, 5-th International Workshop Stability and Operational Safety of Ships, Trieste, 2001.
3. IMO International Maritime Organization, *Recommendation on Intact Stability for Passenger and Cargo Ships under 100 meters in Length*, IMO, Resolution A.167 /ES.IV/, London, 1968.
4. IMO International Maritime Organization, *Recommendation on a Severe Wind and Rolling Criterion /Weather Criterion/ for Intact Stability of Passenger and Cargo Ships of 24 meters in Length and over*, IMO, Resolution A.562 (14), London, 1985.

5. IMO International Maritime Organization, *Code on Intact Stability for All Types of Ships Covered by IMO Instruments*, IMO, Resolution A.749(18), London, 1993.
6. IMO (2002) SLF 45. *Report to the Maritime Safety Committee*, International Maritime Organisation, London, 2002.
7. IMO (2003) SLF 46. *Report to the Maritime Safety Committee*, International Maritime Organisation, London, 2003.
8. IMO (2004) SLF 47. *Report to the Maritime Safety Committee*, International Maritime Organisation, London, 2003.
9. Kobyliński L., Kastner S., *Stability and safety of ships*, Volume I: *Regulation and Operation*. Elsevier Ocean Engineering Book Series, Volume 9, Oxford, 2003.
10. Krappinger O., *Freibord und Freibordvorschrift*, Transactions STG. Hamburg, 1964
11. Rahola J., *The judging of the stability of ships and the determination of the minimum amount of stability*, Ph.D. Thesis, Helsinki, 1939.

**Recenzent**

prof. dr hab. inż. Tadeusz Szelangiewicz

**Adres autora**

dr inż. Zbigniew Szozda

Akademia Morska w Szczecinie  
Instytut Nawigacji Morskiej  
ul. Wały Chrobrego 1/2  
70-500 Szczecin  
e-mail: szozda@am.szczecin.pl