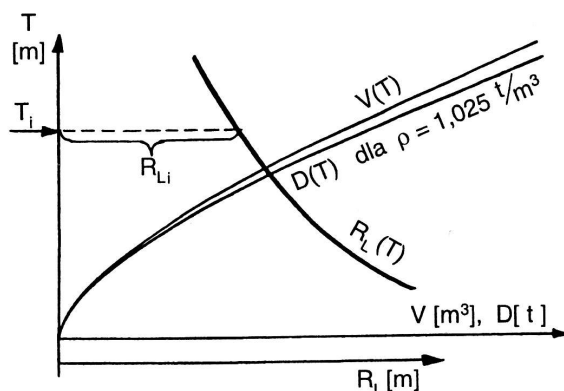


To przybliżenie pozwala na wyznaczanie parametrów statku zależnych od jego stateczności wzdłużnej na etapie znajomości tylko masy całego statku, ponieważ wzdłużny promień metacentryczny dla danej jednostki zależy wyłącznie od jej wypornościowego zanurzenia, związanego z jej masą.

Wzdłużny promień metacentryczny w funkcji zanurzenia wypornościowego $R_L(T)$ zawarty jest w danych hydrostatycznych statku.

Graficzna zależność tego promienia od zanurzenia, dla jednokadłubowych statków handlowych, przykładowo jest pokazana na rysunku 78.

Na podstawie stateczności wzdłużnej jednostki wyznaczane są jej zanurzenia dziobu i rufy. Poniżej opisano metodę obliczania tych zanurzeń opartą na warunku wzdłużnego zrównoważenia statku.



Rys. 78. Zależność wzdłużnego promienia metacentrycznego od zanurzenia statku

15.2. Warunek pływania statku bez przegłębienia

Zgodnie z warunkami równowagi statku nawodnego, podanymi na początku rozdziału 12, poprzez porównanie odciętej jego środka masy z odciętą środka wyporu dla statku pływającego bez przegłębienia, można określić, czy w badanym stanie załadowania będzie on miał przegłębienie, czy też nie. Zachodzą dwie relacje:

$$\begin{aligned} \text{gdy } x_G = x_{F(DH)}, \quad \text{to} \quad t = T_D - T_R &= 0, \\ \text{gdy } x_G \neq x_{F(DH)}, \quad \text{to} \quad t = T_D - T_R &\neq 0, \end{aligned}$$

gdzie $x_{F(DH)}$ – odcięta środka wyporu jednostki, odczytana z danych hydrostatycznych statku nieprzegłębionego, dla wyporności takiej, jaką ma statek w analizowanym stanie załadowania.

Stan pływania jednostki bez przegłębienia określany jest jako **wzdłużne zrównoważenie**.

15.3. Obliczanie przegłębienia statku

Stan statku, w którym odcięta środka jego masy jest równa obliczonej w tabeli obliczeń masowych, można traktować jako etap końcowy przemieszczania mas na jednostce ze stanu początkowego, wyłącznie teoretycznego, w którym odcięta środka masy statku pokrywała się z odciętą środka wyporu, wyznaczoną z dokumentacji jednostki do zerowego jej przegłębienia.

Taka wędrówka środka masy statku i jej wpływ na przegłębienie pokazane są na rysunku 79. Przesunięcie środka masy jednostki (bez przegłębienia – rys. 79a) z jego położenia do położenia rzeczywistego (rys. 79b) można traktować jako przyłożenie do statku momentu przegłębającego równego:

$$M\psi = Q \cdot l_L = Q \cdot (x_{G2} - x_{G1}) = Q \cdot [x_G - x_{F(DH)}],$$

gdzie:

- $l_L = x_{G2} - x_{G1}$ – ramię wzdłużnego momentu przegłębającego,
- $x_{G2} = x_G$ – końcowe (po przemieszczeniu mas) położenie środka masy statku, równe odciętej środka masy statku, obliczonej dla zadanego stanu załadowania,
- $x_{G1} = x_{F(DH)}$ – początkowe (przed przemieszczeniem mas) położenie środka masy statku, równe odciętej środka wyporu statku nieprzegłębionego, odczytanej z jego danych hydrostatycznych.

Porównanie tego momentu z jednostkowym momentem przegłębającym, odczytanym dla zanurzenia wypornościowego z danych hydrostatycznych statku, pozwala wyznaczyć przegłębienie:

$$t = T_D - T_R = \frac{Q \cdot (x_G - x_{F(DH)})}{M_{QJ}},$$

gdzie:

- Q – ciężar statku,
- M_{QJ} – jednostkowy moment przegłębający, wyrażony w jednostkach siły razy metr przez metr.

W danych hydrostatycznych jednostkowy moment przegłębający podawany jest z reguły jako tzw. moment masowy (wyrażony w tm/m), a odcięta środka wyporu statku nieprzegłębionego jest wymiarowana względem płaszczyzny owręża jednostki, dlatego też w takich wypadkach przegłębienie wylicza się z zależności jak poniżej:

$$t = T_D - T_R = \frac{D \cdot (x_{GO} - x_{FO})}{M_J},$$

gdzie:

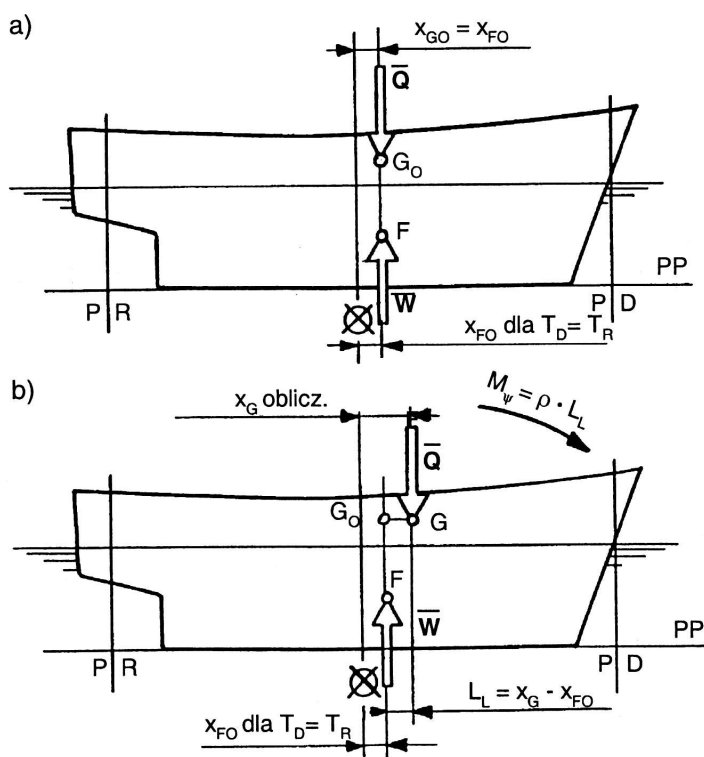
x_{GO} – odcięta środka masy statku, wyznaczona względem płaszczyzny owręża:

$$x_{GO} = x_G - \frac{L_{PP}}{2},$$

x_G – odcięta środka masy statku, obliczona względem pionu rufowego,

x_{FO} – odczytana z danych hydrostatycznych odcięta środka wyporu statku nieprzegiębionego, wyznaczona względem płaszczyzny owręża,

M_J – masowy jednostkowy moment przegiębiający, w tm/m , odczytany z danych hydrostatycznych statku.



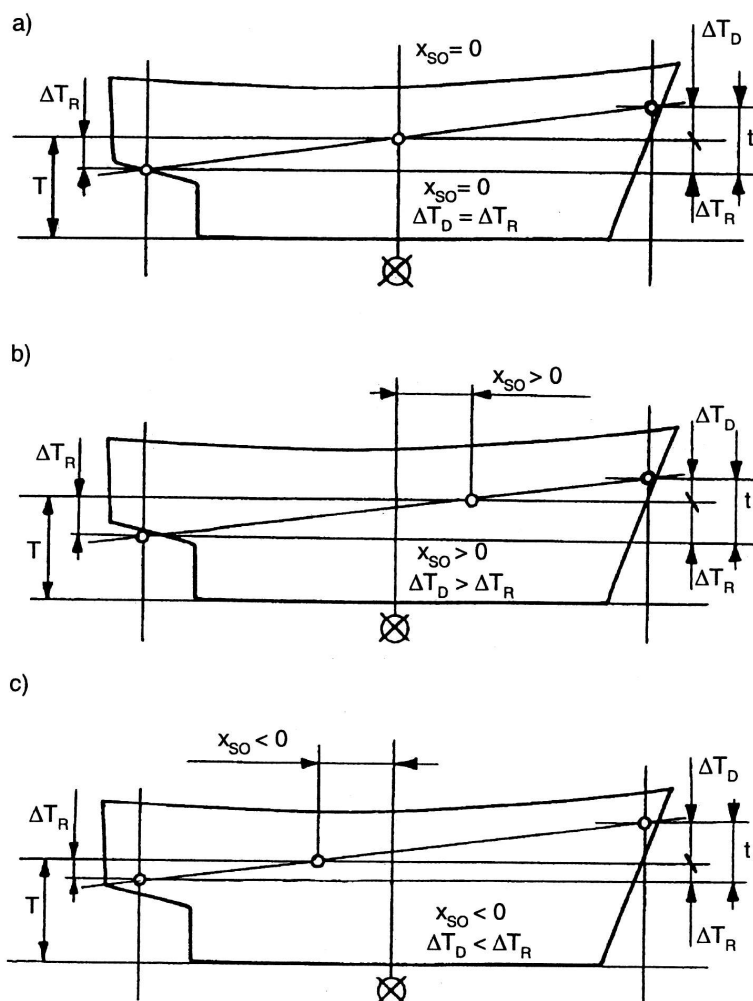
Rys. 79. Zmiana położenia środka masy statku: a) na statku pływającym bez przegiębienia, b) dla rzeczywistego załadunku statku

15.4. Obliczanie zanurzeń dziobu i rufy

Wyznaczone w powyżej opisany sposób przegiębienie statku dzieli się na zmianę zanurzenia dziobu ΔT_D i zmianę zanurzenia rufy ΔT_R , co pokazane jest na rysunku 80.

O relacji między zmianami zanurzeń dziobu i rufy decyduje położenie środka powierzchni wodnicy pływania. Przez środek takiej wodnicy przechodzi oś obrotu statku w trakcie zmiany jego przegiębienia. Tylko w wypadku, gdy środek wodnicy leży na płaszczyźnie owręża, zmiana zanurzenia dziobu – ΔT_D

jest równa zmianie zanurzenia rufy – ΔT_R (rys. 80a). W pozostałych wypadkach (rys. 80b i 80c) zmiany te są sobie nierówne.



Rys. 80. Podział przegłębienia statku na zmiany zanurzenia dziobu i rufy: a) dla $x_{SO} = 0$, b) dla $x_{SO} < 0$, c) $x_{SO} > 0$

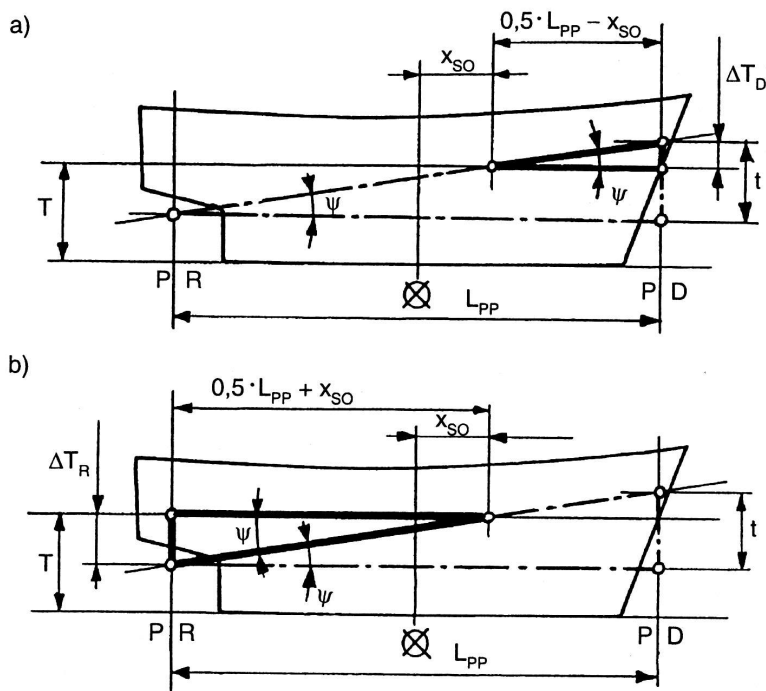
Zmiany zanurzeń dziobu i rufy – ΔT_D i ΔT_R , wynikające z przegłębienia statku, można wyznaczyć na podstawie podobieństwa trójkątów prostokątnych, których krótszymi przyprostokątnymi są odcinki ΔT_D i ΔT_R , a dłuższymi odpowiednio – $0,5 \cdot L_{PP} - x_{SO}$ i $0,5 \cdot L_{PP} + x_{SO}$, do trójkąta o przyprostokątnych odpowiednio – t i L_{PP} (rys. 81).

Zgodnie z rysunkami 81a i 81b, zmiany zanurzeń dziobu i rufy są następujące:

$$\Delta T_D = \left(\frac{L_{PP}}{2} - x_{SO} \right) \cdot \frac{t}{L_{PP}},$$

$$\Delta T_R = \left(\frac{L_{PP}}{2} + x_{SO} \right) \cdot \frac{t}{L_{PP}},$$

gdzie x_{SO} – odcięta środka powierzchni wodnicy pływania, wyznaczona z danych hydrostatycznych statku, dla wypornościowego zanurzenia.



Rys. 81. Wyznaczanie zmian zanurzeń dziobu i rufy – ΔT_D i ΔT_R na podstawie podobieństwa trójkątów: a) dla zanurzenia dziobu, b) dla zanurzenia rufy

Ostatecznie więc, zanurzenia dziobu i rufy są równe:

$$T_D = T + \Delta T_D = T + \left(\frac{L_{PP}}{2} - x_{SO} \right) \cdot \frac{t}{L_{PP}},$$

$$T_R = T - \Delta T_R = T - \left(\frac{L_{PP}}{2} + x_{SO} \right) \cdot \frac{t}{L_{PP}}.$$

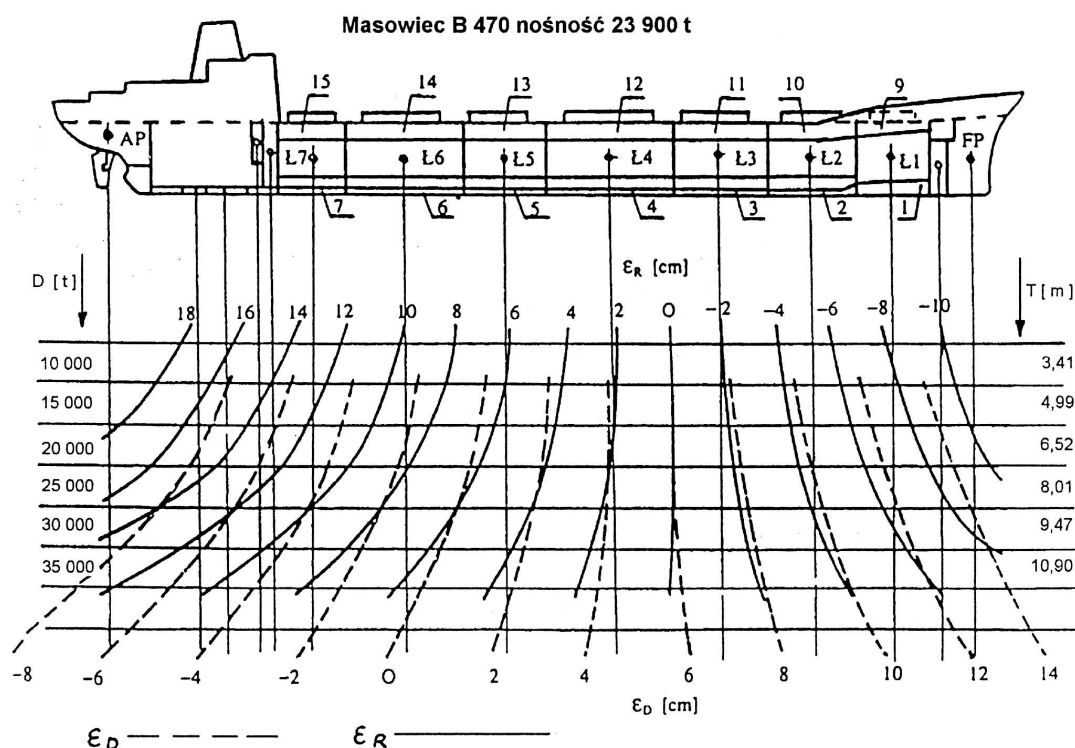
gdzie $t = \frac{D \cdot (x_{GO} - x_{FO})}{M_J}$.

Inną metodą wyznaczania zanurzeń dziobu i rufy dla określonego stanu załadunku statku jest odczytywanie tych zanurzeń z krzywych hydrostatycznych statku przegłębionego (wykresu Firsowa), dla parametrów wyznaczonych na podstawie stanu załadunku jednostki. Postępowanie z zastosowaniem tej metody opisano w rozdziale 7.

15.5. Korekta zanurzeń dziobu i rufy

Podczas planowania załadunku statku, gdy na bieżąco należy kontrolować jego zanurzenie i przegłębienie, by uniknąć pracochłonnego obliczania zanurzeń dziobu i rufy, można przeprowadzić szybką korektę zanurzeń jednostki na podstawie dokumentu zmian zanurzeń po przyjęciu małej masy w dowolne miejsce. Najczęściej taki dokument jest wykonany dla masy 100 ton.

Wykreślną formę opisywanego dokumentu prezentuje rysunek 82, a w załączniku 11 podano tabelaryczną postać takiego dokumentu, wykonanego dla drobnicowca uniwersalnego o nośności 13 600 t.



Rys. 82. Wykres zmian zanurzeń dziobu i rufy po przyjęciu masy 100 t dla uniwersalnego masowca o nośności 23 900 t

Wykres zmian zanurzeń dziobu i rufy statku po przyjęciu 100 ton (taka jest najczęściej nazwa dokumentu, o którym wspomniano wyżej) wykorzystuje się następująco:

- określa się wyporność początkową statku lub jego wypornościowe zanurzenie i znajduje się poziomą linię na wykresie odpowiadającą tej wartości,
- znajduje się pionową linię środka przedziału, do którego przyjmuje się dodatkową masę (ładunku, zapasu lub balastu),

- w punkcie przecięcia się powyżej opisanych linii odczytuje się zmianę zanurzenia dziobu ϵ_D i rufy ϵ_R od przyjęcia na jednostkę masy 100 ton,
- oblicza się zmiany zanurzeń dziobu ΔT_D i rufy ΔT_R od przyjętej masy m :

$$\Delta T_D = \epsilon_D \cdot \frac{\pm m}{100}, \quad \Delta T_R = \epsilon_R \cdot \frac{\pm m}{100},$$

gdzie:

- znak + , gdy na statek jest przyjmowana masa m ,
- znak – , gdy ze statku jest zdejmowana masa m .

Opisywany dokument służy wyłącznie do szybkiego szacowania zmian zanurzeń wywołanych przyjęciem lub zdjęciem z jednostki masy ładunku, zapasu lub balastu. W celu otrzymania dokładnych danych o finalnych zanurzeniach dziobu i rufy, po opisanych operacjach ładunkowych, należy wyznaczyć nowe parametry statku (masę i współrzędne jej środka) oraz obliczyć zanurzenia metodą wzdłużnego zrównoważenia.

Omawiany dokument jest niezwykle przydatny do szybkiego sprawdzenia zmian przegłębienia statku wywołanych przyjęciem, zdjęciem lub przemieszczeniem ładunków, zapasów lub balastu na statku. Zmiana przegłębienia jednostki Δt , wywołana przyjęciem ładunku, zapasu lub balastu o masie m do określonego przedziału na statku o odciętej x , jest równa

$$\Delta t (m) = \Delta t (100 \text{ t}) \cdot m / 100 = [\epsilon_D (x) - \epsilon_R (x)] \cdot m / 100,$$

gdzie:

- $\epsilon_D (x)$, $\epsilon_R (x)$ – zmiany zanurzeń dziobu i rufy wskutek przyjęcia 100 t masy do przedziału (ładowni, międzypokładu lub zbiornika), którego środek znajduje się w punkcie o odciętej x ,
- m – masa ładunku, zapasu lub balastu przyjęta do przedziału.

Gdy ze statku usuwa się jakąś masę (wyładowanie ładunku, zużycie zapasu, wypompowanie za burtę balastu), do powyższego wzoru podstawia się wartość liczbową tej masy ze znakiem minus.

16. STATECZNOŚĆ DYNAMICZNA

16.1. Podstawy stateczności dynamicznej

Na statkach morskich, oprócz ich odporności na statyczne czynniki przechylające (opisanej parametrami stateczności statycznej), należy zbadać ich zachowanie się pod wpływem dynamicznie działających momentów

przechylających. Przykładem takiego dynamicznego działania może być gwałtowne uderzenie bocznego wiatru. Na statkach o dużej powierzchni bocznej nawiewu może spowodować ono ich wywrócenie lub zalanie wnętrza wodą morską.

Czynniki zewnętrzne, wiatr i falowanie wykonują pracę przechylania jednostki na burtę. Ta praca zamieniana jest na energię kinetyczną przechylającego się statku, z różną od zera prędkością kątową. Część tej energii kinetycznej przechodzi w energię położenia (potencjalną) przechylonego statku, a w miarę wzrostu przechyłu maleje prędkość kątowa obrotu jednostki i w konsekwencji zmniejsza się energia kinetyczna. W momencie, gdy całość energii kinetycznej statku zostaje zamieniona na energię potencjalną, jednostka osiąga maksymalny kąt dynamicznego przechyłu i zaczyna się prostować z przechyłu. Jeżeli jednak ilość energii kinetycznej, dostarczonej przez uderzenie wiatru i falowanie, jest większa od maksymalnej energii potencjalnej, jaką może zakumulować przechylony statek, nieuchronnie dojdzie do wywrócenia się statku. Badanie stateczności dynamicznej polega więc na wyznaczeniu maksymalnej energii potencjalnej przechylonego statku w określonym stanie załadowania i zbadaniu, czy w najgorszych warunkach pogodowych nie ulegnie on wywróceniu, lub czy do jego wnętrza nie wleje się woda przez otwory, które w wyniku dużego dynamicznego przechyłu mogą znaleźć się pod powierzchnią wody.

Energię dostarczaną do jednostki przez wiatr wyznacza się, mierząc pracę przez niego wykonaną w trakcie przechylania statku, czyli oblicza się powierzchnię pola pod krzywą zmienności tego momentu od kąta przechyłu jednostki (podanego w radianach) – rysunek 83a. Wartość maksymalnej energii potencjalnej przechylonego statku oblicza się, mierząc powierzchnię pola pod krzywą momentu prostującego – rysunek 83b, natomiast energia kołysania się jednostki na fali jest równa połowie iloczynu amplitudy kołysania statku φ_A razy moment prostujący powstający na maksymalnie przechylonym statku w czasie kołysania M_{PA} . Jest ona stała, niezależnie od chwilowego kąta przechyłu jednostki. Można ją też wyznaczyć, obliczając powierzchnię pola pod krzywą momentu prostującego dla kąta równego amplitudzie kołysania φ_A – rysunek 83c.

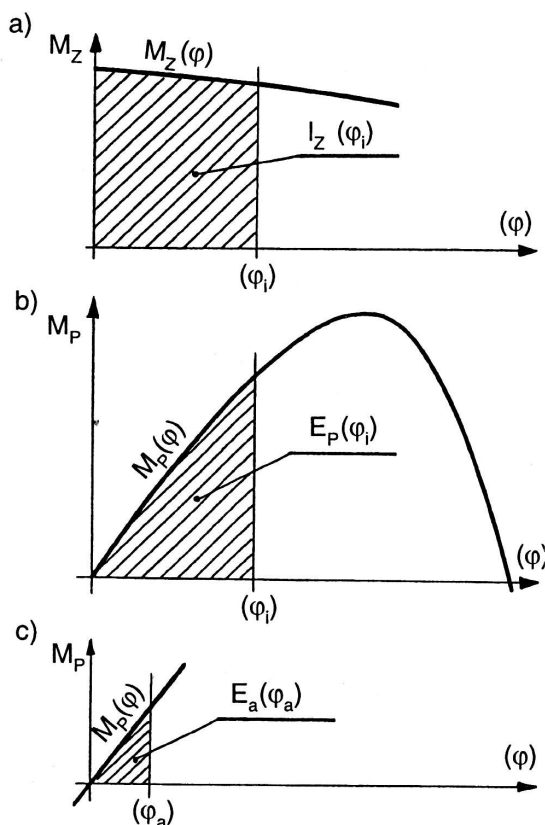
W celu uproszczenia obliczeń przyjmuje się, że moment od działania wiatru M_W jest niezależny od kąta przechyłu jednostki. W takim wypadku praca wiatru równa jest iloczynowi stałego momentu razy kąt przechyłu statku w radianach.

W praktyce obliczeniowej, zamiast powierzchni pól pod krzywymi momentu przechylającego i momentu prostującego, oblicza się powierzchnie pól: pod poziomą linią ramienia przechylającego momentu od działania wiatru

– l_w i pod krzywą stateczności statycznej, czyli pod krzywą ramion prostujących – $l(\varphi)$:

$$l_w = \frac{M_w}{Q}, \quad l(\varphi) = \frac{M_P(\varphi)}{Q}.$$

Powierzchnie pól pod wykresami ramion przechylających i prostujących wyrażają odpowiednio: pracę wykonaną przez wiatr na jednostkę ciężaru statku i energię potencjalną zgromadzoną na statku na jednostkę jego ciężaru.



Rys. 83. Wyznaczanie: a) pracy wykonanej przez wiatr, b) energii potencjalnej przechylonego statku, c) energii kołysania statku na fali

Celem analizy stateczności dynamicznej jest wyznaczenie kąta dynamicznego przechyłu statku od zewnętrznego momentu przechylającego, wywołanego ekstremalnie silnym uderzeniem wiatru, przy jednoczesnym kołysaniu się statku wywołanym falowaniem, oraz określenie, przy jak silnym dynamicznym momencie statek ulegnie wywróceniu lub jego wnętrze zostanie zalane wodą zaburtową. Te parametry określane są odpowiednio jako: **krytyczny kąt wywracania statku i krytyczny moment wywracający statek**. Jeżeli przed wywróceniem statku jego wnętrze może zostać zalane wodą, wskutek wtargnięcia wody przy przechyle statku poprzez otwory w burtach,

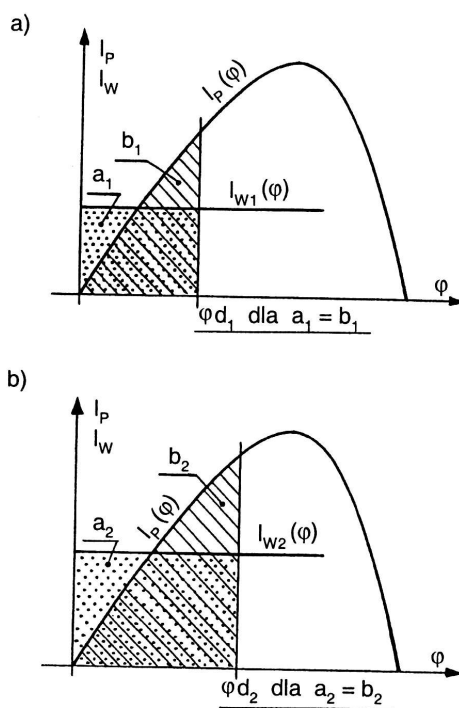
na pokładach lub w nadbudówkach, to w takich wypadkach wyznacza się graniczne parametry dla zalewania wnętrza statku, zwane **krytycznym kątem zalewania statku i krytycznym momentem zalewającym statek**.

Wymienione wyżej parametry, zgodnie z zaleceniami IMO, wyznaczane są metodami graficznymi na wykresie stateczności statycznej [12], natomiast według wymogów Polskiego Rejestru Statków, dotyczących obliczania stateczności, mogą one być wyznaczane na wykresie stateczności dynamicznej jednostki [19]. Wykres taki otrzymuje się drogą całkowania pola pod krzywą stateczności statycznej.

16.2. Wyznaczanie kąta dynamicznego przechyłu statku

Rysunek 84 prezentuje sposób wyznaczania **dynamicznego kąta przechyłu** statku φ_D , bez uwzględniania wpływu falowania, dla dwóch różnych wartości momentów od działania wiatru. Na podstawie wartości momentu od wiatru – M_W wyznacza się ramię tego momentu:

$$l_W = \frac{M_W}{Q}$$



Rys. 84. Wyznaczanie kąta dynamicznego przechyłu statku, bez uwzględnienia oddziaływania falowania: a) ramię momentu od wiatru równe l_{W1} , b) ramię momentu od wiatru równe $l_{W2} > l_{W1}$

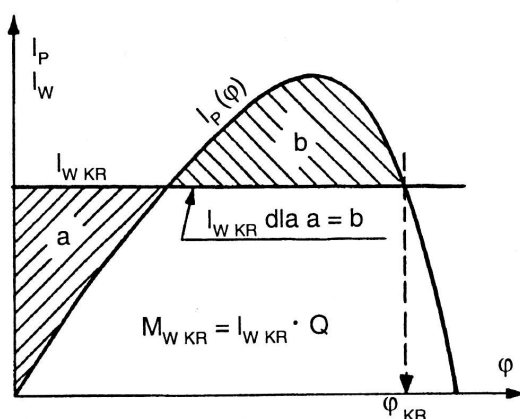
W postaci poziomej linii nanosi się je na wykres ramion prostujących jednostki. Poprzez porównanie powierzchni pól pod krzywą stateczności statycznej i pod wykresem ramienia momentu wiatru wyznacza się kąt, przy którym te powierzchnie są sobie równe. Jest to kąt, do którego dynamicznie przechyli się statek w odpowiedzi na dynamiczne uderzenie wiatru.

16.3. Wyznaczanie krytycznego momentu wywracającego statek

Wyznaczenie maksymalnego momentu od wiatru, którego dynamiczne uderzenie spowoduje wywrócenie statku, czyli krytycznego momentu wywracającego – M_{WKR} , również bez uwzględniania wpływu falowania, jest graficznie przedstawione na rysunku 85.

Na wykresie stateczności statycznej znajduje się taką rzędną poziomej linii opisującej pracę wiatru, dla której powierzchnie pól: prostokąta pod poziomą linią i pod krzywą ramion prostujących, dla kąta wyznaczonego drugim przecięciem się obu wykresów, są sobie równe. Wysokość rzędnej tej poziomej linii, zwana **ramieniem krytycznego momentu wywracającego** statek – l_{WKR} , pomnożona razy ciężar statku, wyznacza wartość krytycznego momentu wywracającego statek – M_{WKR} . Jednocześnie wyznacza się na wykresie kąt, którego przekroczenie powoduje nieuchronne wywrócenie się jednostki, czyli krytyczny kąt wywracania statku – φ_{KR} . Odczytuje się go z wykresu jako odciętą drugiego przecięcia wykresu ramion prostujących przez linię l_{WKR} .

Jeżeli statek kołysze się pod wpływem falowania morskiego lub przed jego wywróceniem, jego wnętrze może zostać zalane przez wodę morską, to okoliczności te wpływają na zmianę metod wyznaczania parametrów jego dynamicznej stateczności. Szczegóły postępowania w takich wypadkach przytoczone są przy prezentacji kryteriów stateczności.



Rys. 85. Wyznaczanie krytycznego momentu wywracającego statek od dynamicznie działającego wiatru, bez uwzględniania falowania

17. KRYTERIA STATECZNOŚCI STATKÓW MORSKICH

17.1. Kryteria stateczności statycznej według zaleceń IMO

Poniżej prezentowane wymagania dotyczące stateczności są wyłącznie wyciągiem (zawierającym najistotniejsze informacje) z kryteriów stateczności opracowanych przez IMO [12], zalecanych do stosowania na statkach morskich (towarowych i pasażerskich), o długościach powyżej 24 m. W podanych kryteriach użyto oznaczeń zgodnych z tą publikacją.

Wymagania w zakresie stateczności statycznej są następujące:

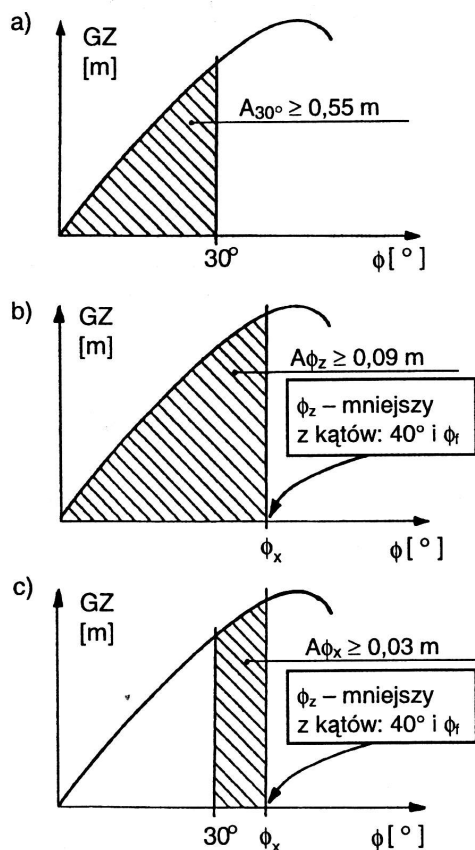
- początkowa wysokość metacentryczna, wyznaczona z uwzględnieniem wpływu swobodnych powierzchni cieczy w zbiornikach – GM_C , nie powinna być mniejsza niż 0,15 m,
- krzywa ramion stateczności statycznej powinna uwzględniać wpływ swobodnych powierzchni cieczy w zbiornikach,
- powierzchnia pola pod krzywą stateczności statycznej, ograniczona kątem przechyłu 30° – A_{30} , nie powinna być mniejsza niż 0,055 m (metro-radiany – w oryginale zaleceń IMO),
- powierzchnia pola dla kąta 40° lub kąta zalewania wnętrza jednostki – φ_F (jeżeli jest mniejszy niż 40°) – A_{40/φ_F} , nie powinna być mniejsza niż 0,09 m,
- powierzchnia pola pod krzywą stateczności statycznej dla zakresu kątów: od 30° do 40° lub kąta zalewania wnętrza jednostki – Φ_F (jeżeli jest on mniejszy niż 40°) – $A_{40/\Phi_F} - A_{30}$, nie powinna być mniejsza niż 0,03 m,
- ramię prostujące GZ powinno wynosić co najmniej 0,20 m, przy kącie przechyłu 30° lub więcej,
- maksymalne ramię prostujące GZ_{MAX} powinno występować dla kąta przechyłu nie mniejszego niż 25° , ale zaleca się, aby ten kąt był większy niż 30° .

Graficzny obraz kryteriów dotyczących krzywej ramion prostujących prezentuje rysunek 86.

Wpływ swobodnych powierzchni cieczy w zbiornikach na wysokość metacentryczną i na krzywą ramion prostujących powinien być uwzględniany dla stanów: od zbiornika pustego do poziomu napełnienia mniejszego niż 98% maksymalnego poziomu cieczy. Korekta wysokości metacentrycznej winna być wyznaczona:

- w wypadku ładunków płynnych i balastu wodnego – dla wszystkich zbiorników przy rzeczywistych poziomach ich zapełnienia,

- dla zapasów (cieczy zużywanych w trakcie eksploatacji statku: paliwa, olej smarowy, woda) – dla pojedynczego zbiornika centralnego lub pary bocznych zbiorników każdego rodzaju cieczy, mających największy wpływ na stateczność i dla poziomów ich zapełnienia, przy których efekty swobodnych powierzchni są najsilniejsze.



Rys. 86. Wymagania IMO dotyczące minimalnych wartości powierzchni pól pod krzywą stateczności statycznej: a) od 0° do kąta 30° , b) od 0° do kąta 40° lub kąta zalewania wnętrza statku, jeżeli ten kąt jest mniejszy niż 40° , c) od 30° do 40° lub kąta zalewania wnętrza statku, z uwagą jak w b)

Korektę ramion prostujących można przeprowadzić dla częściowo napełnionych zbiorników, stosując jedną z trzech metod:

- dla różnych kątów przechyłu wyznacza się korekty ramion prostujących, tak jak opisano to w podrozdziale 14.2.
- wyznacza się korektę wysokości metacentrycznej ΔGM lub korektę rzędnej środka masy statku $G_1 G_P$, dla nieprzechylonego statku i określa się poprawki ramienia prostującego $\Delta GZ(\Phi)$ dla poszczególnych kątów przechyłu według zależności:

$$\Delta GZ(\Phi) = G_1 G_P \cdot \sin \Phi \quad \text{lub} \quad \Delta GZ(\Phi) = \Delta GM \cdot \sin \Phi,$$

- sumuje się momenty poprawek ramienia prostującego dla poszczególnych kątów przechyłu, obliczone wzorem podanym w zaleceniach IMO, (uwzględniającym gabaryty zbiorników i ich proporcje wymiarowe) oraz otrzymaną sumę dzieli się przez wyporność jednostki.

17.2. Kryterium pogody według zaleceń IMO

Zalecenia IMO dotyczące stateczności dynamicznej oparte są na następujących założeniach:

- na statek działa statyczny wiatr i statek kołysze się pod wpływem falowania morskiego,
- statyczny silny wiatr, którego ciśnienie podane jest w zaleceniach IMO, wieje prostopadle do burty statku, moment statyczny tego wiatru zależy od powierzchni nawiewu i odległości środka bocznego nawiewu od środka hydrodynamicznego oporu podwodnej części kadłuba,
- pod wpływem statycznego wiatru statek ma trwały przechył Φ_0 ,
- falowanie morskie wymusza kołysanie statku, amplituda tego kołysania Φ_1 zależy od kształtu kadłuba, rzędnej środka masy z_G i poprawionej wysokości metacentrycznej statku – GM_C ,
- kołysanie statku zachodzi od jego stanu równowagi, czyli od kąta Φ_0 , na obie burty,
- w chwili, gdy statek jest maksymalnie odchylony na burtę przeciwną niż przechył od statycznego wiatru, na wspomnianą burtę gwałtownie uderza dynamiczny poryw wiatru, moment przechylający od tego uderzenia jest 1,5 raza silniejszy niż moment od statycznego wiatru.

Sprawdzenie stateczności dynamicznej przy powyższych założeniach polega na zbadaniu, czy statek prostujący się po maksymalnym wychyleniu na burtę pod działaniem falowania, pod równoczesnym działaniem dynamicznego porywu wiatru o maksymalnej sile i kierunku zgodnym z kierunkiem momentu prostującego od falowania, nie wywróci się lub jego wnętrze nie zostanie zalane wodą. Jest to tak zwane **kryterium pogody**. Sprawdza się je graficznie na wykresie stateczności statycznej. W tym celu należy wykonać wyszczególnione niżej czynności.

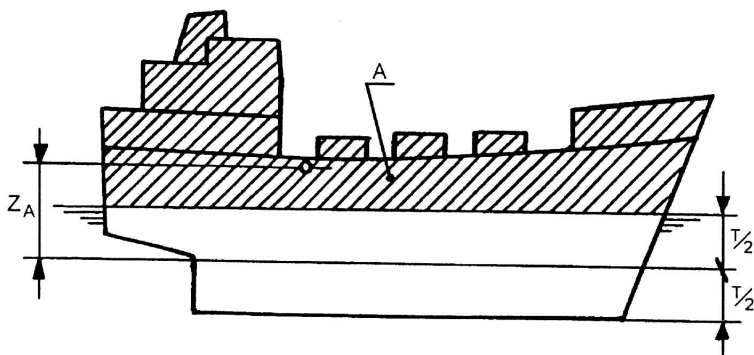
Oblicza się ramię momentu przechylającego l_{w1} od statycznego działania wiatru:

$$l_{w1} = \frac{p \cdot A_w \cdot z_A}{1000 \cdot g \cdot D},$$

gdzie:

$p = 504 \text{ N/m}^2$ – ciśnienie wiatru,

- A_w – powierzchnia bocznego nawiewu statku i ładunku pokładowego (rys. 87),
 z_A – pionowa odległość środka powierzchni bocznego nawiewu jednostki od środka bocznego oporu hydrodynamicznego zanurzonej części kadłuba (w przybliżeniu – od połowy zanurzenia) (rys. 87).



Rys. 87. Powierzchnia bocznego nawiewu – A_w i odległość jej środka od połowy zanurzenia jednostki – z_A

Na wykresie stateczności statycznej statku nanosi się poziomą linię o rzędnej równej l_{w1} , pole pod tą linią jest równe jednostkowej pracy wykonanej przez niezależny od kąta przechyłu jednostki moment przechylający od statycznego działania wiatru.

Wyznacza się statyczny kąt przechyłu statku Φ_0 . Jest to punkt przecięcia krzywej ramion prostujących z poziomą linią ramienia momentu od statycznego działania wiatru – rysunek 88a. Zalecane jest, by ten kąt nie był większy od 16° lub 80% kąta wejścia górnego pokładu w wodę.

Oblicza się amplitudę kołysania statku wzbudzanego falowaniem morskim Φ_1 według wzoru podanego w zaleceniach IMO [12]

$$\Phi_1 = 109 \cdot k \cdot X_1 \cdot X_2 \cdot \sqrt{r \cdot s},$$

gdzie:

- k – współczynnik tłumienia kołysania jednostki, dobierany na podstawie tabeli w przepisach IMO, zależny od kształtu obła i powierzchni stępki belkowej i / lub stępek przechyłowych,
- X_1 – współczynnik wpływu oporu kadłuba statku przy kołysaniu, dobierany z tabeli w przepisach IMO, zależny od relacji między szerokością kadłuba i zanurzeniem statku,
- X_2 – współczynnik sił przywracających, dobierany z tabeli w przepisach IMO, zależny od pełnotliwości kadłuba,
- r – współczynnik pionowego rozkładu mas na statku, obliczany ze wzoru

$$r = 0,73 + 0,6 \cdot \frac{OG}{T},$$

gdzie:

- $OG = z_G - T$ – wysokość położenia środka masy jednostki nad wodnicą pływania,
 s – współczynnik zestrojenia falowania z okresem kołysania własnego statku,
dobierany z tabeli w przepisach IMO, zależny od okresu kołysań własnych
jednostki T_ϕ ,
 T_ϕ – okres kołysań własnych statku, równy

$$T_\phi = \frac{2 \cdot C \cdot B}{\sqrt{GM_P}},$$

gdzie:

C – empiryczny współczynnik poprzecznego rozkładu mas na statku:

$$C = 0,373 + 0,023 \cdot \frac{B}{T} - 0,043 \cdot \frac{L_w}{100},$$

L_w – długość statku na wodnicy.

Tabele doboru współczynników: k , X_1 , X_2 i s podane są w załączniku 12.

Wyznaczoną amplitudę kołysania statku na fali Φ_1 odejmuje się od statycznego kąta przechyłu jednostki Φ_0 , czyli wyznacza się maksymalny kąt chwilowego przechyłu statku na burtę nawietrzną, wynoszący $\Phi_0 - \Phi_1$ – rysunek 88b.

Zakłada się, że w chwili, gdy statek osiąga skrajne wychylenie na burtę nawietrzną, uderza w tę burtę dynamiczny poryw wiatru, którego ramię jest równe:

$$l_{w2} = 1,5 \cdot l_{w1}.$$

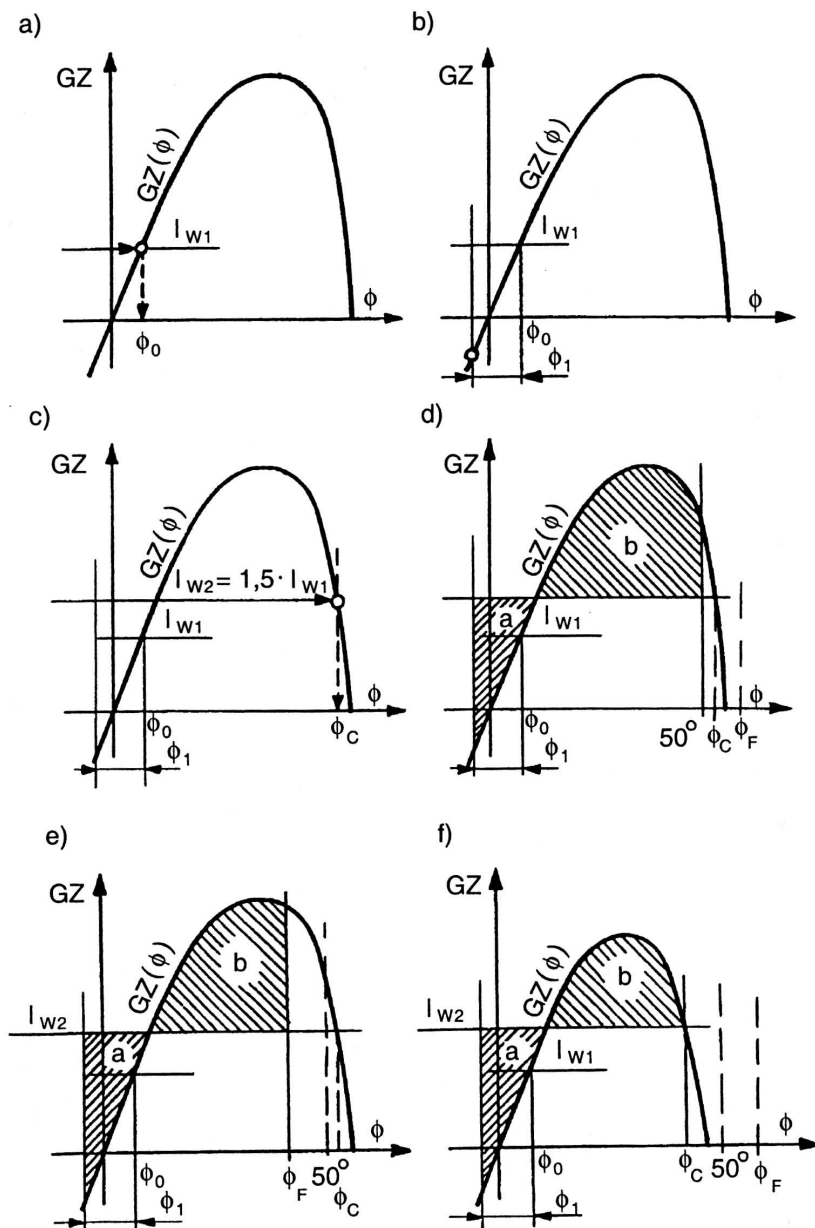
Jest to najbardziej niekorzystny wypadek – na statek działa suma momentów: od dynamicznego porywu wiatru i prostującego, powodująca w efekcie duży przechył na burtę zawietrzną.

Na wykres stateczności statycznej nanosi się pionową linię maksymalnego kąta przechyłu na burtę nawietrzną $\Phi_0 - \Phi_1$ i poziomą linię ramienia momentu od dynamicznego porywu wiatru l_{w2} oraz wyznacza się kąt drugiego przecięcia tej linii z krzywą ramion prostujących jednostki Φ_C – rysunek 88c.

Z dokumentacji statku wyznacza się kąt zalewania jego wnętrza Φ_F .

Wyznacza się najmniejszy z trzech kątów: Φ_F , Φ_C i 50° jako graniczny kąt, do którego oblicza się powierzchnie pól: pod krzywą stateczności statycznej i pod linią l_{w2} .

Pola pod wykresami: ramienia momentu od wiatru i ramion prostujących częściowo się pokrywają, dlatego też sprawdza się, czy powierzchnia pola oznaczonego na rysunku 88d symbolem „b” jest większa od powierzchni pola oznakowanego jako „a”. Jeżeli to zachodzi, statek spełnia kryterium dostatecznej stateczności dynamicznej, czyli kryterium pogody.



Rys. 88. Graficzny sposób wyznaczania kryterium pogody IMO: a) wyznaczanie kąta statycznego przechyłu, b) uwzględnienie amplitudy kołysania statku na fali, c) wykreślanie ramienia momentu od dynamicznego uderzenia wiatru, d) sprawdzanie spełnienia wymagań kryterium pogodowego przy kącie granicznym 50° , e) gdy granicznym kątem jest kąt zalewania wnętrza statku, f) gdy granicznym kątem jest kąt drugiego przecięcia krzywej ramion prostujących przez linię l_{W2}

17.3. Stateczność statków przewożących ładunek ziarna luzem

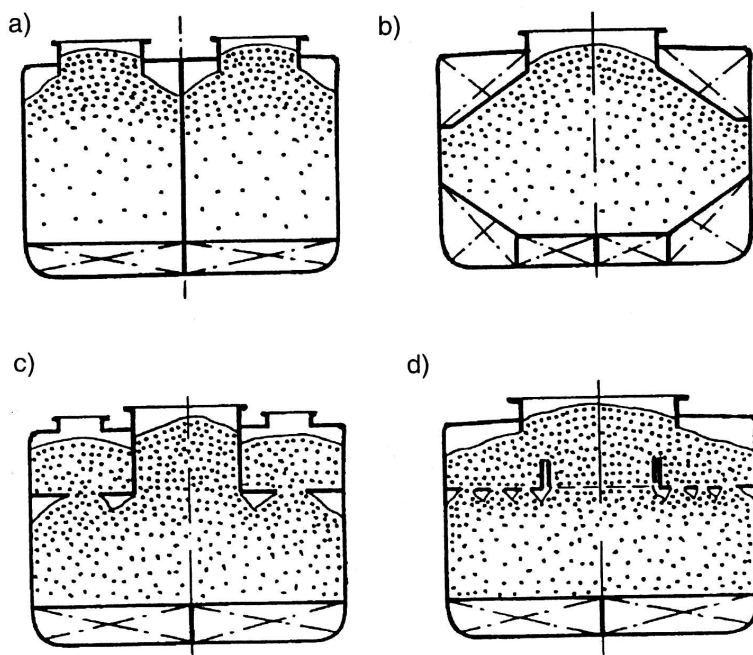
Ziarna zbóż, nasiona roślin strączkowych i oleistych, przewożone luzem w pomieszczeniach ładunkowych statków, ze względu na stateczność są traktowane jako niebezpieczne ładunki. Ziarno, po nasypianiu do wnętrza

statku, ma współczynnik załadowania (sztauerski) znacznie wyższy niż po upływie kilku dni. W trakcie rejsu ten współczynnik maleje pod wpływem: czasu, ruchów statku na fali oraz drgań i wibracji wywołanych pracą urządzeń mechanicznych jednostki – jest to tzw. osiadanie ziarna. Oznacza to, że w całkowicie początkowo wypełnionych przedziałach ładunkowych statku po pewnym czasie pojawiają się puste przestrzenie nad ładunkiem. Ziarna zbóż mają ponadto małe kąty usypu, mierzone kątami rozwarcia tzw. stożków nasypowych. A to oznacza, że przy kątach przechyłu statków wywołanych falowaniem morskim, przekraczających kąt usypu, ziarno w niecałkowicie wypełnionych przedziałach będzie się przesypywać. Jest to zjawisko podobne do przelewania się cieczy w niecałkowicie wypełnionych zbiornikach, z tym, że w odróżnieniu od cieczy ziarno *przesypane na burtę nie powraca już do pierwotnego położenia*. Powoduje to trwały przechył jednostki, od którego, jako chwilowego stanu równowagi, statek kołysze się pod wpływem falowania. Następny duży przechył statku pod wpływem falowania spowoduje przesypywanie się kolejnej części ładunku, co powiększa jeszcze statyczny kąt przechyłu jednostki. To narastanie statycznego przechyłu w wyniku sukcesywnego przesypywania się ziarna może w skrajnych wypadkach doprowadzić do wyrócenia się statku. By uniknąć takiego niebezpieczeństwa, należy ziarno przewozić na jednostkach specjalnie zaprojektowanych na taki typ ładunku, a w wypadku transportu ziarna na innych statkach przygotować je na taki przewóz. Na obu rodzajach jednostek trzeba ponadto spełniać stawiane im wymagania stateczności. Opracowane przez IMO wymogi stawiane statkom wożącym ziarno luzem oraz kryteria stateczności statków z takim ładunkiem, zawarte są w przepisach Konwencji SOLAS 1974 [13], a także w Kodeksie IMO przewozu ziarna luzem [5].

W wypadku wątpliwości, czy dany ładunek przewożony luzem należy traktować jak ziarno, decyduje jego kąt usypu. Gdy jest on równy lub mniejszy niż 30° , należy na statku stosować przepisy stateczności dotyczące przewozu ziarna luzem.

Statki konstrukcyjnie przystosowane do transportu ziarna luzem (masowce specjalistyczne do transportu ziarna, masowce uniwersalne) mają ładownie o kształtach i parametrach redukujących momenty od przesypywania się ładunku. Są to na przykład: ładownie dzielone grodziami wzdłużnymi, ładownie samotrymowne z kątami nachylenia dolnych ścian zbiorników szczytowych nie mniejszymi niż 30° , czy ładownie z dodatkowymi przedziałami zasobowymi, z których ziarno samoczynnie przesypuje się do pustych przestrzeni w ładowniach, powstałych w wyniku osiadania ziarna. Na wielopokładowych uniwersalnych drobnicowcach rolę takich przedziałów zasobowych mogą pełnić załadowane ziarnem międzypokłady, jeżeli w dolnych pokładach pozostawiono niezamknięte otwory lukowe, a w poszyciach tych pokładów wykonano szczeliny umożliwiające przesypywanie się ziarna.

Wymienione warianty konstrukcji ładowni masowców i drobnicowców uniwersalnych przedstawia rysunek 89.



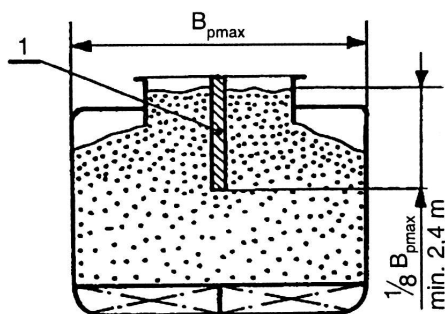
Rys. 89. Przykłady pomieszczeń ładunkowych na statkach konstrukcyjnie przystosowanych do przewozu ziarna luzem: a) masowiec z grodzią wzdłużną w ładowni, b) masowiec samotrymowny, c) drobnicowiec z bocznymi przedziałami zasobowymi, d) drobnicowiec dwupokładowy – dolny pokład ze szczelinami ułatwiającymi przesypywanie się ziarna i otwartymi pokrywami lukowymi na tym pokładzie

Statki przewożące okazjonalnie ładunki ziarna luzem powinny mieć odpowiednio przygotowane przedziały ładunkowe do tego typu ładunku. Montuje się w nich wzdłużne przegrody przeciwprzesypowe (sięgające w głąb ładunku na wymaganą przepisami głębokość) lub trzymuje się powierzchnię ziarna w kształcie leja, przykrytego brezentem i wypełnionego ziarnem lub innym ładunkiem. W niecałkowicie napełnionych przedziałach ładunek ziarna luzem przykrywa się brezentem i pokrywą z desek, mocowaną odcciągami do konstrukcji burt i grodzi bądź na ziarno luzem układa się odpowiedniej wysokości warstwę ładunku ziarna w workach.

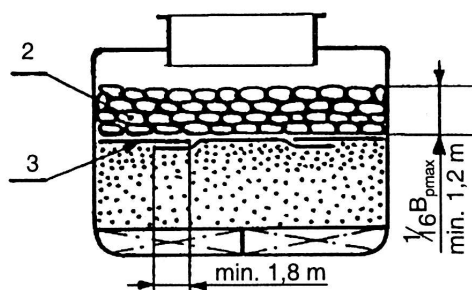
Omawiane sposoby przystosowania statków do przewozu ziarna pokazuje rysunek 90.

Na obu typach statków powierzchnie ziarna w ładowniach powinny być wyrównane (wytrymowane), jedynie na jednostkach z mocno nachylonymi zbiornikami szczytowymi lub z zapełnionymi ziarnem przedziałami zasobowymi, w wypadkach maksymalnie zapełnionych przedziałów można odstąpić od konieczności trymowania.

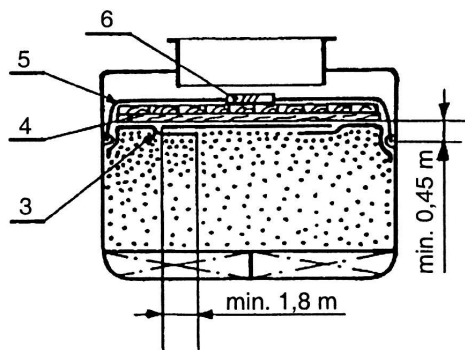
a)



b)



c)



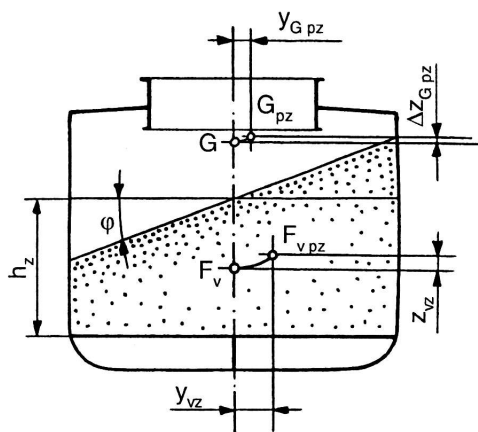
Rys. 90. Zabezpieczenie ziarna przed przesypywaniem się na jednostkach nieprzystosowanych do przewozu luzem tego ładunku: a) przegrody przeciwpresypowe, b) przykrycie ziarna ładunkiem w workach, c) przykrycie ziarna pokrywą z desek; 1 – wzdłużna, pionowa przegroda przeciwpresypowa, 2 – ładunek ziarna w workach, 3 – brezent, 4 – pokrywa z dwóch warstw desek ułożonych na krzyż i połączonych gwoździami w całość, 5 – odciąg mocowany do usztywnień burt, 6 – ściągacz (napinacz) odciagu

17.4. Kryteria stateczności IMO dla statków z ładunkiem ziarna luzem

Stateczność statków zbudowanych do przewozu ziarna luzem i mających dokumentację, umożliwiającą obliczanie stateczności jednostki z tego typu ładunkiem, sprawdzana jest dla warunku występowania poprzecznego

momentu przechylającego, wynikającego z przesypania się ziarna. Założono, że normatywny kąt przesypania się ziarna w początkowo całkowicie zapełnionych przedziałach wynosi 15° , natomiast w przedziałach częściowo zapełnionych jest on równy 25° . W dokumentacji przewozu ziarna luzem dla każdego przedziału ładunkowego podane są poprzeczne objętościowe momenty przechylające od normatywnego przesypania się ziarna w funkcji wysokości zapełnienia przedziału. Objętościowe momenty od przesypania ziarna umożliwiają łatwe wyznaczenie masowych momentów dla dowolnych współczynników sztauerskich ładunku. W stosunku do początkowo całkowicie zapełnionych ziarnem przedziałów uwzględnia się osiadanie ładunku. Momenty przechylające dla tych stanów zapełnień wyznaczane są dla obliczeniowej wysokości pustej przestrzeni powstałej nad ładunkiem w wyniku jego osiadania, zależnej od: wymiarów przedziałów, wymiarów ich luków oraz wysokości usztywnień pokładów, zamykających te przedziały od góry.

Przesypaniu się ładunku ziarna towarzyszy, prócz wystąpienia poprzecznego momentu przechylającego, również przemieszczenie w górę środka masy ładunku – rysunek 91. Konsekwencją tego przemieszczenia jest konieczność podania w dokumentacji jednostki także objętościowych momentów przyrostu środka masy ładunku względem płaszczyzny podstawowej statku. Umożliwia to dokonanie korekty pionowego położenia środka masy statku po normatywnym przesypaniu się ładunku. W celu uniknięcia konieczności przeprowadzania korekty wysokości metacentrycznej jednostki, wynikającej z pionowej zmiany położenia środka masy statku, najczęściej w jego dokumentacji statecznościowej na przewóz ziarna luzem podane są skorygowane (powiększone o 12%) poprzeczne objętościowe momenty od przesypania się ziarna. W dokumentacji jednostki należy to wyraźnie zaznaczyć, w takim wypadku pomija się wzmiankowaną powyżej korektę pionowego przemieszczenia środka masy statku.

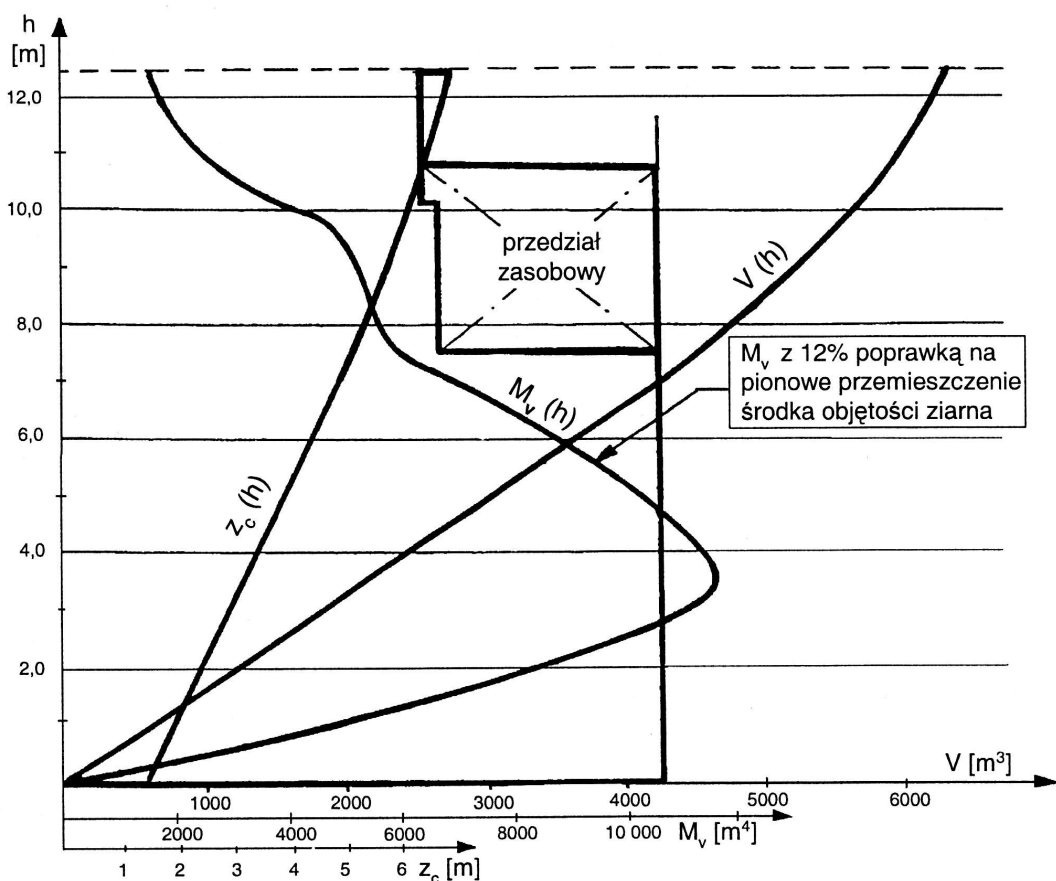


Rys. 91. Wpływ przesypania się ziarna w ładowni na współrzędne środka masy statku; y_{vz} , z_{vz} – poprzeczne i pionowe przemieszczenie środka objętości ładunku ziarna, y_{gpz} , Δz_{gpz} – poprzeczne i pionowe przemieszczenie środka masy statku

Przykładowy fragment tego typu dokumentu – powiększonego objętościowego momentu przechylającego od przesypania się ziarna, dla jednej ładowni masowca do przewozu ziarna luzem, przedstawiony jest na rysunku 92.

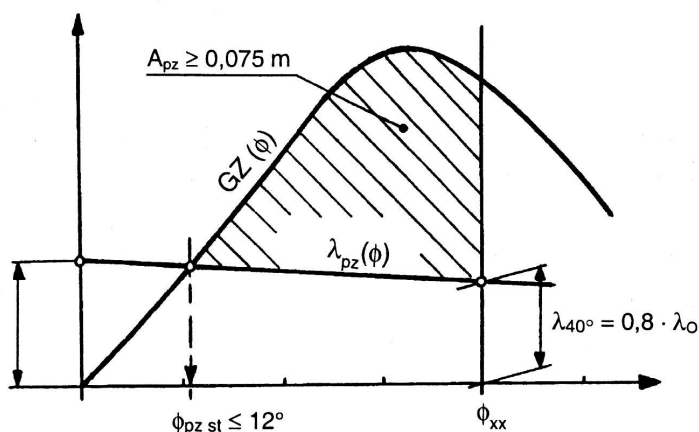
Stateczność statku wożącego ziarno luzem, zbudowanego zgodnie z wymaganiami stawianymi takim jednostkom, powinna spełniać następujące kryteria [5, 13].

- Kąt przechyłu jednostki, spowodowany przesypaniem się ziarna, nie powinien być większy niż 12° lub niż kąt wejścia górnego pokładu w wodę, jeżeli jest on mniejszy niż 12° .
- Początkowa wysokość metacentryczna, obliczona z uwzględnieniem wpływu swobodnych powierzchni cieczy w zbiornikach, nie powinna być mniejsza niż 0,30 m.
- Powierzchnia zawarta między krzywą stateczności statycznej a krzywą ramion przechylających sumarycznego momentu od normalywnego przesypania się ziarna, wyznaczona dla najmniejszego z kątów: zalewania, 40° lub kąta maksymalnej różnicy między krzywą ramion prostujących i ramion przechylających, nie powinna być mniejsza niż 0,075 m.



Rys. 92. Przykład dokumentacji statku dla ładunku ziarna luzem – wykresy skalowania ładowności i objętościowego momentu przechylającego wywołanego przesypaniem się ziarna – masowiec przystosowany do przewozu ziarna luzem (z przedziałami zasobowymi na burtach) [25]

Graficzny sposób wyznaczania tej powierzchni zaprezentowano na rysunku 93.



ϕ_{xx} – najmniejszy z kątów: 40° , ϕ_F lub $\phi_{\Delta max}$ dla $GZ(\phi) - \lambda_{pz}(\phi) = \max$

Rys. 93. Graficzny sposób wyznaczania powierzchni pola zawartego między krzywą stateczności statycznej a krzywą ramion momentu od normalywnego przesypywania się ładunku ziarna luzem

Ramię momentu przechylającego od przesypywania się ziarna, dla kąta 0° oblicza się następująco:

$$\lambda_0 = \frac{\sum_{i=1}^n M_{vi} / K_i}{D},$$

gdzie:

- M_{vi} – odczytany z dokumentacji statku dla przedziału i objętościowy moment przechylający od normalywnego przesypywania się ziarna,
- K_i – współczynnik sztauerski ładunku w przedziale i ,
- indeks i – kolejny numer przedziału, w którym jest przewożone ziarno luzem,
- indeks n – liczba przedziałów załadowanych ziarnem,
- D – wyporność statku.

Ramię momentu przechylającego dla kąta 40° wynosi:

$$\lambda_{40^\circ} = 0,8 \cdot \lambda_0.$$

Na wykresie stateczności statycznej krzywą ramion momentu przechylającego od przesypywania się ziarna aproksymuje się linią prostą przechodzącą przez wierzchołki rzędnych λ_0 i λ_{40° .

Statki okazyjnie przewożące ziarno luzem i niemające dokumentacji na przewóz tego ładunku (umożliwiającej obliczenie ich stateczności) mogą go przewozić pod warunkiem, że spełniają poniżej prezentowane wymagania [5, 13].

- Całkowita masa ziarna przewożonego luzem nie może przekraczać $\frac{1}{3}$ ich całkowitej nośności.
- Całkowicie napełnione ziarnem przedziały mają roztrymowane (wyrównane) powierzchnie ładunku w obrębie luków i są zakryte pokrywami lukowymi zamocowanymi na trwałe. Wnętrza tych przedziałów są podzielone wzdłużnymi przegrodami, sięgającymi w głąb ładunku na $\frac{1}{8}$ szerokości przedziału, lecz nie mniej niż na 2,4 m (rys. 90a).
- Swobodne powierzchnie ziarna w niecałkowicie zapełnionych przedziałach są zabezpieczone przed przesypianiem się ładunku za pomocą: odpowiedniej wysokości warstwy ziarna (lub innego ładunku) w workach (rys. 90c) lub pokrycia wykonanego z dwóch warstw desek, ułożonych na krzyż i połączonych gwoździami w całość. Pokrycie to jest unieruchomione odciągami ze stalowych lin, zakotwiczonymi do usztywnień kadłuba. Miejsca zakotwień odciągów powinny sięgać nie mniej niż 0,45 m poniżej poziomu ładunku ziarna (rys. 90b).
- Odciaży powinny być wyposażone w ściągacze, służące do sukcesywnego wybierania w nich luzów, powstających przy osiadaniu ładunku ziarna.
- Wysokość metacentryczna statku w trakcie podróży, obliczona z uwzględnieniem wpływu swobodnych powierzchni cieczy w zbiornikach, nie powinna być mniejsza od granicznej wartości GM_R obliczanej ze wzoru:

$$GM_R = \frac{L_Z \cdot B \cdot h_V \cdot (0,25 \cdot B - 0,645 \cdot \sqrt{h_V \cdot B})}{0,0875 \cdot K \cdot D},$$

gdzie:

L_Z – łączna długość przedziałów (załadowanych ziarnem luzem),

h_V – obliczeniowa wysokość pustej przestrzeni nad ładunkiem, powstałej w wyniku jego osiadania,

K – współczynnik sztauerski przewożonego ziarna.

Dodatkowe wymaganie stanowi warunek, aby poprawiona wysokość metacentryczna statku nie była mniejsza niż 0,30 m.

17.5. Dodatkowe zalecenia stateczności według IMO

Dodatkowe zalecenia IMO odnoszą się do stateczności: statków pasażerskich, drewnowców na czas przewozu ładunku drewna na pokładzie oraz kontenerowców [12].

Dla statków pasażerskich wyznacza się kąty ich przechyłów, wywołane działaniem momentów przechylających od skupienia pasażerów na jednej burcie i od siły odśrodkowej wywołanej cyrkulacją statku.

Moment od skupienia pasażerów wyznacza się, przyjmując, że przeciętna masa pasażera wynosi 0,075 t, rzędna środka masy stojącego pasażera jest równa 1,0 m ponad pokładem, a siedzącego – 0,3 m ponad poziomem siedzenia, natomiast na 1 m² najwyższego dostępnego dla pasażerów pokładu przyjmuje się 4 osoby.

Moment przechylający statku od cyrkulacji wyznacza się z zależności:

$$M_C = 0,196 \cdot \frac{v^2}{L_w} \cdot \left(z_G - \frac{T}{2} \right),$$

gdzie:

M_C [tm] – moment przechylający wywołany cyrkulacją statku,

v [m/s] – prędkość eksploatacyjna statku,

L_w [m] – długość statku na wodnicy pływania.

Żaden z kątów przechyłu jednostki, wywołanych powyższymi momentami, nie powinien przekraczać 10°.

Drewnowce, czyli statki przewożące pokładowy ładunek drewna, powinny spełniać następujące dodatkowe wymagania:

- powierzchnia pola pod krzywą stateczności statycznej, dla kąta przechyłu 40° lub kąta zalewania, jeżeli jest mniejszy niż 40°, nie powinna być mniejsza niż 0,08 m,
- maksymalne ramię prostujące nie powinno być mniejsze niż 0,25 m,
- w ciągu całego rejsu wysokość metacentryczna drewnowca, obliczona z uwzględnieniem: swobodnych powierzchni cieczy, zamoczenia i/lub oblodzenia pokładowego ładunku, nie powinna być mniejsza niż 0,10 m,
- kąt statycznego przechyłu drewnowca, od normatywnego statycznego wiatru (o momencie obliczonym według wzoru stosowanego przy kryterium pogodowym IMO), nie powinien przekraczać 16°.

W odniesieniu do **kontenerowców**, o długościach większych niż 100 m, obowiązują zalecenia stateczności, omówione poniżej.

Powierzchnia pola pod krzywą ramion prostujących nie powinna być mniejsza niż:

$$A_{30^\circ} = 0,009 / C \quad \text{dla } \Phi = 30^\circ,$$

$$A_{40^\circ/\varphi_F} = 0,016 / C \quad \text{dla } \Phi = 40^\circ \text{ lub } \Phi_F, \text{ jeżeli jest mniejszy niż } 40^\circ,$$

$$\Delta A = A_{40^\circ/\varphi_F} - A_{30^\circ} = 0,006 / C \quad \text{pomiędzy } \Phi = 30^\circ \text{ a } \Phi = 40^\circ$$

lub Φ_F , jeżeli jest mniejszy niż 40°.

Ramię prostujące powinno wynosić co najmniej:

$$l = 0,033 / C \text{ dla kąta } \Phi = 30^\circ \text{ lub większego.}$$

Maksymalne ramię prostujące powinno być nie mniejsze niż:

$$l_{\text{MAX}} = 0,042 / C.$$

Powierzchnia pola pod krzywą ramion prostujących, dla kąta zalewania Φ_F , nie powinna być mniejsza niż:

$$A_{\Phi_F} = 0,029 / C.$$

Współczynnik C w powyżej prezentowanych formułach oblicza się z zależności:

$$C = \frac{T \cdot H_1}{B_0^2} \cdot \left(\frac{\delta}{\alpha} \right)^2 \cdot \sqrt{\frac{100 \cdot T}{L \cdot z_{Gp}}},$$

gdzie:

H_1 – obliczeniowa wysokość kadłuba statku, uwzględniająca średnią wysokość zrębnic luków, jeżeli luki są szersze niż połowa szerokości konstrukcyjnej kadłuba (rys. 94), obliczona ze wzoru:

$$H_1 = H + h \cdot \left(\frac{2 \cdot b - B}{B} \right) \cdot \left(\frac{2 \cdot \sum l_H}{L} \right),$$

h – średnia wysokość zrębnic luków w rejonie śródkręcia (rys. 94),

b – średnia szerokość zrębnic luków w rejonie śródkręcia (rys. 94),

B – szerokość konstrukcyjna kadłuba statku,

B_H – maksymalna szerokość kadłuba statku (rys. 94),

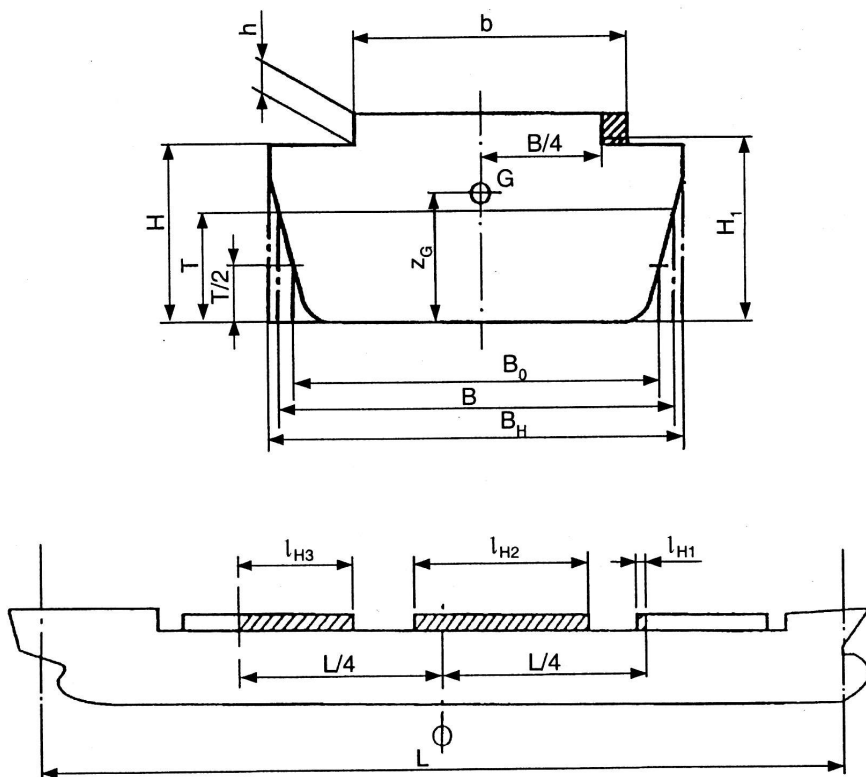
B_0 – szerokość kadłuba statku mierzona w połowie jego zanurzenia (rys. 94),

$\sum l_H$ – sumaryczna długość wszystkich zrębnic luków w rejonie śródkręcia (rys. 94),

z_{Gp} – rzędna środka masy statku, uwzględniająca wpływ swobodnych powierzchni cieczy w zbiornikach, nie mniejsza niż zanurzenie statku.

T – zanurzenie wypornościowe statku.

Te skomplikowane formuły na obliczenie kryterialnych wartości parametrów stateczności kontenerowców wynikają z przyjętego założenia, że zrębnice luków na tych statkach, o ile są dostatecznie szerokie i wysokie, poprawiają stateczność jednostki przy dużych kątach przechyłu. Pozwala to obniżyć stawiane takim statkom wymagania statecznościowe – w miarę wzrostu wzmiankowanych parametrów zrębnic luków rośnie wartość współczynnika C , występującego w mianownikach ułamków w podanych wyżej formułach.



Rys. 94. Określanie parametrów geometrycznych zębnic lukowych na kontenerowcach komorowych do obliczenia współczynnika C stosowanego w wyznaczaniu kryteriów stateczności tych statków według IMO; $\Sigma l_H = l_{H1} + l_{H2} + l_{H3}$, Σl_H – łączna długość zębnic lukowych w rejonie śródkręcia

17.6. Kryteria stateczności towarzystw klasyfikacyjnych

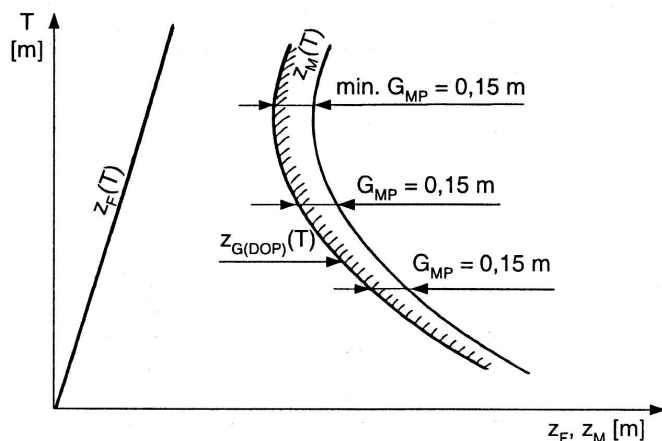
Zagadnienia stateczności wchodzą również w zakres zainteresowań towarzystw klasyfikacyjnych nadzorujących: projektowanie, budowę, wyposażenie i eksploatację statków morskich i innych pływających obiektów. Większość tych towarzystw przyjmuje zalecenia stateczności IMO jako własne wymagania. Nieliczne, jak na przykład Polski Rejestr Statków, mają własne wymagania [19]. Zasadą jest, że wymagania towarzystw klasyfikacyjnych nie mogą być łagodniejsze niż zalecenia IMO.

17.7. Wykresy lub tabele dopuszczalnych rzędnych środka masy statku

Na wielu statkach, zwłaszcza nowych, są dostępne dokumenty umożliwiające szybką ocenę, czy w danym stanie załadowania jednostka spełnia wszystkie kryteria stateczności, dotyczące: typu statku, warunków jego

pływania i sposobu załadowania. Są to tabele lub wykresy dopuszczalnych rzędnych środka masy statku.

Przykład wyznaczania dopuszczalnej rzędnej środka masy statku ze względu na spełnienie kryterium stateczności początkowej dla statku towarowego (niebędącego kontenerowcem ani drewnowcem wożącym pokładowy ładunek drewna) pokazany jest na rysunku 95.



Rys. 95. Wyznaczanie dopuszczalnej rzędnej środka masy statku ze względu na stateczność początkową

Dla każdego wypornościowego zanurzenia jednostki dopuszczalna wartość rzędnej jej środka masy, wyznaczonej z uwzględnieniem wpływu swobodnych powierzchni cieczy na statku, jest wyliczana (ewentualnie graficznie wyznaczana) z zależności:

$$z_{G(DOP)}(T) \{ \text{dla } GM_{\text{MIN}} = 0,15 \text{ m} \} = z_M(T) - 0,15 \text{ m}.$$

W podobny sposób określa się zależności funkcyjne $z_{G(DOP)}(T)$ dla wszystkich pozostałych kryteriów obowiązujących na danej jednostce.

Wynik takich operacji obliczeniowych uniwersalnego drobnicowca o nośności 13 600 t (pływającego bez obładzenia i bez pokładowego ładunku kontenerów), wyznaczony dla kryteriów stateczności PRS, prezentuje rysunek 96.

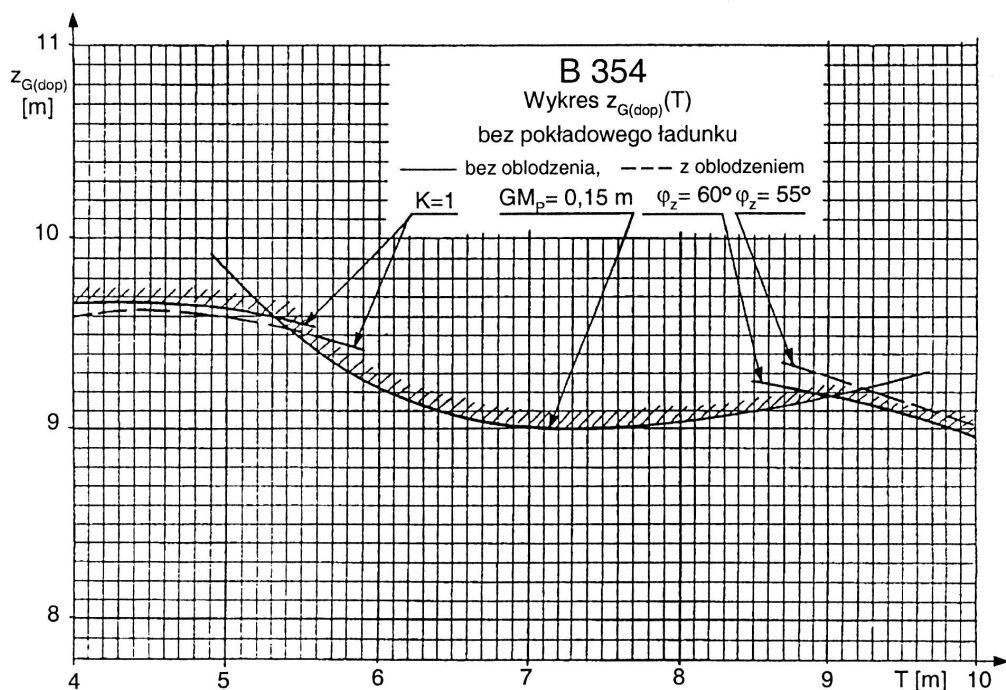
Dla rzędnych środka masy tej jednostki, leżących po lewej stronie wszystkich linii granicznych wartości rzędnych dla poszczególnych kryteriów, spełnione są wymagania stateczności. W dokumentach statkowych najczęściej podaje się wyłącznie obwiednie dopuszczalnych rzędnych (załącznik 13).

Sprawdzanie stateczności statku w zadanym stanie załadowania sprowadza się do obliczenia w tabeli obliczeń masowych lub w arkuszu kalkulacyjnym – masy i współrzędnych środka masy jednostki. Na podstawie całkowitej masy statku, równej jego wyporności, wyznacza się zanurzenie wypornościowe i dla

pary danych: zanurzenia – T rzędnej środka masy statku uwzględniającej oddziaływanie swobodnych powierzchni cieczy w zbiornikach – z_{GP} określa się, czy statek w tym stanie załadowania spełnia warunek:

$$z_{GP} \leq z_{G(DOP)}(T).$$

Jeżeli zachodzi powyższa relacja, statek spełnia wszystkie wymagania stateczności, natomiast w przeciwnym wypadku któreś z kryteriów stateczności nie jest spełnione i nie należy w ten sposób ładować jednostki.



Rys. 96. Wykres dopuszczalnych rzędnych środka masy statku ze względu na kryteria stateczności PRS dla uniwersalnego drobnicowca o nośności 13 600 t [25]

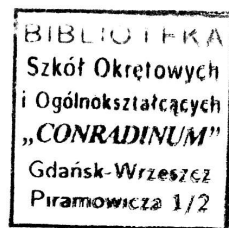
17.8. Wykres lub tabela dopuszczalnych momentów przechylających od przesypywania się ziarna

W dokumentacjach statków konstrukcyjnie przystosowanych do przewozu ziarna luzem może być zawarta tabela lub wykres, umożliwiające wyznaczenie dopuszczalnego sumarycznego momentu przechylającego od przesypywania się ziarna.

Przykład takiego dokumentu przedstawiono w załączniku 14.

Podczas planowania przewozu ziarna ułatwia on wyznaczenie prawidłowego, pod względem stateczności, sposobu załadowania jednostki. Dla badanego stanu załadowania oblicza się: wyporność, poprawioną wysokość metacentryczną i sumę momentów przechylających od przesypu ziarna w przedziałach nim załadowanych oraz porównuje się ten sumaryczny moment z dopuszczalnym momentem odczytanym z dokumentu, jak w załączniku 15. W wypadku, gdy moment przechylający dla faktycznego załadowania jednostki jest mniejszy od dopuszczalnego, statek spełnia wymagania stateczności dla przewozu ziarna luzem.

42.876.



Kopia certyfikatu pomiarowego statku „U. B. Gemini”, port macierzysty – Georgetown, Kajmany

(CERT. NO: TON. 007/96)



INTERNATIONAL TONNAGE CERTIFICATE (1969)

Issued under the provisions of the

INTERNATIONAL CONVENTION ON TONNAGE MEASUREMENT OF SHIPS (1969)

under the authority of the Government of the Cayman Islands
for which the Convention came into force on 23 June 1988

NAME OF SHIP	OFFICIAL NUMBER	PORT OF REGISTRY	DATE *
"U.B. GEMINI"	726741	GEORGE TOWN CAYMAN ISLANDS	20 MAY 1983

* Date on which keel was laid or the ship was at a similar stage of construction, (Article 2(6)) or date on which the ship underwent alterations or modifications of a major character, (Article 3(2)(b)), as appropriate.

MAIN DIMENSIONS

LENGTH (Article 2(8))	BREADTH (Article 2(3))	MOULDED DEPTH AMIDSHIPS TO UPPER DECK (Regulation 2(2))
140.52m	20.50m	12.73m

THE TONNAGES OF THE SHIP ARE:

GROSS TONNAGE 9273

NET TONNAGE 4593

THIS IS TO CERTIFY

that the tonnages of this ship have been determined in accordance with the provisions of the
International Convention on Tonnage Measurement of Ships 1969.

ISSUED AT: GEORGE TOWN, CAYMAN ISLANDS
(Place of Issue of Certificate)

31 March 1996
(Date of Issue)

Signed:

L. B. R...
Nº 01

(Chief Marine Surveyor)

An authorised officer of the Government of the Cayman Islands

(CV12 (v10) ship certificates issued "U.B. Gemini" s/lc.396)

(SUR 53C-CI)(JAN96)

**Tabela obliczania powierzchni, odciętej środka powierzchni,
momentów bezwładności wodnicy**

Numer wręgu	y_i [m]	C_{Si}	$y_i \cdot C_{Si}$	x'_{Oi}	$y_i \cdot C_{Si} \cdot x'_{Oi}$	$y_i \cdot C_{Si} \cdot x'^2_{Oi}$	$y_i^3 \cdot C_{Si}$
0'							
1'							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19'							
20'							
			Σ_1		Σ_2	Σ_3	Σ_4

Odstęp między wręgami: $d = L_{pp}/20 =$

Powierzchnia wodnicy: $A_W = (4/3) \cdot d \cdot \Sigma_1 =$

Odcięta środka powierzchni wodnicy, obliczona względem płaszczyzny owręża: $x_{SO} = d \cdot \Sigma_2/\Sigma_1 =$

Wzdłużny moment bezwładności powierzchni wodnicy, obliczony względem płaszczyzny owręża $I_{LO} = (4/3) \cdot d^3 \cdot \Sigma_3 =$

Wzdłużny moment bezwładności powierzchni wodnicy, obliczony względem środka powierzchni wodnicy $I_L = I_{LO} - A_W \cdot x_{SO}^2 =$

Poprzeczny moment bezwładności powierzchni wodnicy, obliczony względem płaszczyzny symetrii $I_B = (4/9) \cdot d \cdot \Sigma_4 =$

**Tabela obliczania objętości i współrzędnych środka wyporu
podwodnej części kadłuba, na podstawie danych
odeczytanych ze skali Bonjeana**

Numer wręgu	$a_{wi} [m^2]$	$m_{zi} [m^3]$	$x_{Oi}' [m]$	C_{Si}	$a_{wi} \cdot C_{Si}$	$m_{zi} \cdot C_{Si}$	$a_{wi} \cdot x_{Oi}' \cdot C_{Si}$
0'							
1'							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19'							
20'							
					Σ_1	Σ_2	Σ_3

Odstęp między wręgami:

$$d = L_{pp}/20 =$$

Objętość podwodnej części kadłuba:

$$V = (2/3) \cdot d \cdot \Sigma_1 =$$

Rzędna środka wyporu:

$$z_F = \Sigma_2/\Sigma_1 =$$

Odcięta środka środka wyporu, obliczona względem płaszczyzny owręża:

$$x_{FO} = d \cdot \Sigma_3/\Sigma_1 =$$

**Tabela danych hydrostatycznych masowca do przewozu ziarna luzem
o nośności 15 844 t [25]**

HYDROSTATIC PARTICULARS

T	D	TPC	M _i	X _{FO}	X _{SO}	Z _F	Z _M	R _L
DRAFT	DISPL	Tonnes per 1cm	MCT 1cm Mj	LCB	LCF	VCB	TRANS KM	LONG KM
metres	tonnes	tonnes	tm/cm	m	m	m	m	m
6.000	12808	23.35	175.7	+2.16	+1.26	3.132	9.07	187.26
6.100	13043	23.39	176.7	+2.14	+1.22	3.184	9.03	185.05
6.200	13277	23.44	177.7	+2.13	+1.18	3.236	8.99	182.92
6.300	13512	23.48	178.7	+2.11	+1.13	3.289	8.96	179.84
6.400	13748	23.53	179.7	+2.09	+1.09	3.341	8.92	178.87
6.500	13983	23.57	180.8	+2.08	+1.04	3.394	8.90	176.95
6.600	14220	23.62	181.8	+2.06	+0.96	3.446	8.87	175.10
6.700	14456	23.67	182.9	+2.04	+0.95	3.498	8.84	173.31
6.800	14693	23.72	184.0	+2.02	+0.88	3.551	8.82	171.59
6.900	14931	23.76	185.0	+2.00	+0.84	3.603	8.80	169.92
7.000	15172	23.86	187.6	+1.97	+0.66	3.657	8.79	169.62
7.100	15411	23.91	188.4	+1.95	+0.59	3.709	8.77	168.17
7.200	15649	23.96	190.1	+1.93	+0.53	3.762	8.76	166.80
7.300	15887	24.02	191.4	+1.90	+0.46	3.816	8.75	165.48
7.400	16128	24.07	193.6	+1.88	+0.39	3.868	8.74	164.91
7.500	16369	24.13	194.4	+1.86	+0.32	3.921	8.73	163.34
7.600	16611	24.18	195.3	+1.83	+0.26	3.974	8.73	161.76
7.700	16853	24.24	196.6	+1.81	+0.19	4.027	8.72	160.62
7.800	17096	24.29	198.0	+1.79	+0.12	4.080	8.72	159.52
7.900	17340	24.35	199.4	+1.76	+0.05	4.130	8.72	158.46
8.000	17584	24.41	200.8	+1.74	-0.02	4.183	8.72	157.44
8.100	17829	24.47	202.2	+1.72	-0.10	4.236	8.72	156.47
8.200	18073	24.53	203.7	+1.69	-0.17	4.290	8.72	155.53
8.300	18319	24.59	205.2	+1.66	-0.25	4.343	8.73	154.63
8.400	18565	24.65	206.7	+1.64	-0.32	4.396	8.74	153.76
8.500	18812	24.71	208.2	+1.61	-0.39	4.449	8.74	152.93
8.600	19062	24.77	209.7	+1.58	-0.47	4.502	8.75	152.11
8.700	19311	24.83	211.2	+1.55	-0.55	4.555	8.76	151.34
8.800	19559	24.89	212.8	+1.53	-0.63	4.606	8.77	150.60
8.900	19810	24.94	214.4	+1.50	-0.71	4.660	8.78	149.91
8.964	19971	24.99	215.6	+1.48	-0.75	4.694	8.79	149.56
9.000	20059	25.02	216.3	+1.47	-0.77	4.712	8.80	149.37
9.100	20309	25.09	218.0	+1.44	-0.85	4.766	8.81	148.79

Tabela wolnej burty dla statków typu A i typu B – wyciąg z [14]

Wolna burta [mm]			Zwięk- szenie wolnej burty [mm]	Wolna burta [mm]			Zwięk- szenie wolnej burty [mm]
Dłu- gość statku [m]	Typ statku			Długość statku [m]	Typ statku		
	A	B ¹⁾	B ²⁾		A	B ¹⁾	B ²⁾
24	200	200	+50	210	2705	2430	określają władze admini- stracji morskiej państwa sygnata- riusza konwencji
30	250	250	+50	220	2792	3586	
40	334	334	+50	230	2872	3735	
50	443	443	+50	240	2946	3880	
60	573	573	+50	250	3012	4018	
70	706	721	+50	260	3072	4152	
80	841	887	+50	270	3128	4276	
90	984	1075	+50	280	3176	4397	
100	1135	1271	+50	290	3220	4513	
110	1293	1479	+55	300	3262	4630	
120	1459	1690	+84	310	3298	4736	
130	1632	1901	+126	320	3331	4844	
140	1803	2109	+181	330	3358	4955	
150	1968	2315	+228	340	3382	5055	
160	2126	2520	+264	350	3406	5160	
170	2268	2716	+290	360	3425	5260	
180	2393	2915	+313	365	3433	5303	
190	2508	3098	+336	L>365			
200	2612	3264	+358				

- 1) Statki typu B spełniające wymagania konwencji dotyczące wytrzymałości i szczelności zamknięć luków.
- 2) Statki typu B niespełniające wymagań konwencji dotyczących wytrzymałości i szczelności luków.

**Kopia certyfikatu wolnej burty. Statek typu B: „U.B. Gemini”,
port macierzysty – Georgetown, Kajmany**



International Load Line Certificate (1966)

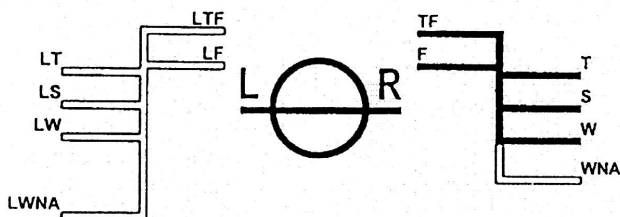
*Issued under the provisions of the International Convention on Load Lines, 1966
under the authority of the Government of Cayman Islands*

Name of ship	Distinctive number or letters	Port of registry	Length (L) as defined in article 2(8) (metres)
"UB GEMINI"	Z CCM 7 IMO 8213603	GEORGETOWN	140.520M

Freeboard assigned as: A new ship

Type of ship: Type B

Freeboard from deck line			Load line	
Tropical	3562	mm (T)	188	mm above (S)
Summer	3750	mm (S)	Upper edge of line through centre of ring	
Winter	3938	mm (W)	188	mm below (S)
Winter North Atlantic	NOT REQ.	mm (WNA)	NOT REQ.	mm below (S)
Timber Tropical	-	mm (LT)	-	mm above (LS)
Timber Summer	-	mm (LS)	-	mm above (S)
Timber Winter	-	mm (LW)	-	mm below (LS)
Timber Winter North Atlantic	-	mm (LWNA)	-	mm below (LS)
Allowance for Fresh Water for all freeboards other than timber			175	mm
Allowance for Fresh Water for timber freeboards			-	mm
The upper edge of the deck line from which these freeboards are measured is below the top of steel upper deck at side			NIL	mm



Date of initial or periodical survey 3 October 1996

This is to certify that this ship has been surveyed and that the freeboards have been assigned and Load Lines shown above have been marked in accordance with the International Convention on Load Lines, 1966

This certificate is valid until: 2 October 2001

subject to annual surveys in accordance with Article 14(1)(c) of the Convention.

Issued at LONDON

on 23 April 1997

The undersigned declares that Lloyd's Register of Shipping is duly authorised by the said Government to issue this certificate.

F. W. ADKINS

Lloyd's Register of Shipping
71 Fenchurch Street, London EC3M 4BS

Kopia wypełnionego formularza obliczania masy ładunku na podstawie odczytu zanurzeń statku. Masowiec uniwersalny „Kleofas”, port macierzysty – La Valetta, Malta

CABINET D'ASSISTANCE & D'EXPERTISE MARITIME-LAKHDARA

QUAI SUD — PORT DE ANNABA — B.P. 777 ANNABA (ALGERIE)

Téléphone : 82.33.10 - 70.94.66 - Télex : 81 912 CAEMA DZ

FAX N°(8) 86-64-66

Report OF - SURVEY N°

DRAFT-SURVEY

This is to certify that the undersigned **LAKHDARA M^{re} EL HADI**

— Appointed by **EN FERPHOS - IPANNA**

— Did attend on board the mv **"KLEOFAS"**

— Captain **MICHAŁ SNIĘC** GRT **8325**

— Wist she was Lying - afloat alongside IN **I. P. ANNABA**

— FOR **LOADING** bulk cargo - of **PHOSPHATE**

— With the purpose of ascertaining

— Vessel arrived Road on **05/11/95** 20^h30

LT berthed on **06/11/95** LT 09^h10

— Operations Commenced on **06/11/95** 13^h00

LT completed on **08/11/95** LT 17^h50

MARINE - SURVEYOR

Flag **MALTESE**

NRT **4659**

harbour

CARGO

BUNKERS-SITUATION (WEIGHTS IN M/T)

	LADEN	LIGHT	REMARKS
Fuel Oil	344,400	345,200	
Diesel Oil	66,700	69,200	
Lubricants	27,400	27,400	
Fresh Water	141,500	150,000	
Ballast	40,316	1820,601	
Miscellaneous	17,000	15,000	
TOTAL	637,316	2427,401	

DRAFT CALCULATION (WEIGHTS - IN M/T. - MEASURES IN METERS)

	Laden.	Light
1 Mean For draft	8,255	2,245
2 Mean aft draft	8,355	5,475
3 Trim	0,10	3,230
4 Mean midship draft	8,2925	3,825
5 Mean of mans corrected for deformation	8,29525	3,88625
6 Corresponding - displacement	15940,305	6711,003
7 Trim - Correction	+3,047	-15,287
8 S G. of water correction		
Laden 1026 at		oC
Light 1026 at		oC
9 Corrected displacement	15958,905	6702,248
10 Bunkers, Fresh Water, Ballast, etc...	637,316	2427,401
11 Displacement in - Laden conditions	15321,589	
12 Displacement in - Light conditions	4274,845	
13 Actual (Weight	11046,74241	

This certificate issued on date of **08/11/95** at **19^h05**

LT

Without prejudice, and with normal approxamati on due - to draught means

THE Master

THE Surveyors.

Chief Officer
M^{re} KLEOFAS

C.A.E. MAR - LAKHDARA
B.P. 777 - ANNABA (Algérie)
Téléphone : (081) 82 33 10 - (081) 70 94 66
Télex : 81 912 CAEMA

**Tabela momentów poprawek wysokości metacentrycznej
od swobodnych powierzchni cieczy w zbiornikach ΔmGM
dla uniwersalnego drobnicowca o nośności 13 600 t [24]**

Numer zbiornika	Objętość	Moment poprawki
	V [m ³]	ΔmGM [tm]
Olej opałowy		
1 LB	101,0	101,4
1 PB	110,8	106,4
2 LB	169,4	621,2
2 PB	169,4	621,2
9 LB	269,8	256,6
9 PB	283,7	276,7
Olej napędowy		
5 LB	138,6	178,9
5 PB	137,5	176,7
24	21,6	9,8
Woda słodka		
33 LB	49,6	28,9
33 PB	49,6	28,9
35	65,9	211,0
Balast wodny		
Skrajnik dziobowy	343,2	131,3
3 LB	194,2	301,4
3 PB	194,2	301,4
3A LB	135,9	147,1
3A PB	135,9	147,1
4 LB	141,2	219,1
4 PB	141,2	219,1
4A LB	105,9	118,6
4A PB	105,9	118,6

Ramiona kształtu (pantokareny) dla uniwersalnego drobnicowca o nośności 13 600 t [24] – wycinek

T [m]	V [m ³]	5°	10°	15°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
Ramiona kształtu l _k [m]												
6.30	13156	0.82	1.64	2.48	3.32	5.07	6.51	7.57	8.24	8.52	8.45	8.04
6.32	13202	0.82	1.64	2.46	3.32	5.07	6.51	7.57	8.24	8.52	8.45	8.04
6.34	13249	0.82	1.64	2.48	3.32	5.07	6.51	7.57	8.24	8.52	8.45	8.04
6.36	13295	0.82	1.63	2.48	3.32	5.06	6.51	7.56	8.24	8.52	8.45	8.04
6.36	13295	0.82	1.63	2.48	3.32	5.06	6.51	7.56	8.24	8.52	8.45	8.04
6.36	13342	0.82	1.63	2.47	3.32	5.06	6.50	7.56	8.23	8.51	8.45	8.04
6.40	13389	0.82	1.63	2.47	3.31	5.06	6.50	7.56	8.23	8.51	8.44	8.04
6.42	13435	0.82	1.63	2.47	3.31	5.05	6.50	7.56	8.23	8.51	8.44	8.04
6.44	13482	0.82	1.63	2.47	3.31	5.05	6.50	7.55	8.23	8.51	8.44	8.04
6.46	13529	0.81	1.63	2.47	3.31	5.05	6.49	7.55	8.22	8.50	8.44	8.03
6.48	13576	0.81	1.63	2.47	3.31	5.05	6.49	7.55	8.22	8.50	8.44	8.03
6.50	13623	0.81	1.63	2.47	3.31	5.04	6.49	7.55	8.22	8.50	8.44	8.03
6.52	13669	0.81	1.63	2.46	3.30	5.04	6.49	7.54	8.22	8.50	8.43	8.03
6.54	13716	0.81	1.63	2.46	3.30	5.04	6.48	7.54	8.21	8.49	8.43	8.03
6.56	13763	0.81	1.62	2.46	3.30	5.03	6.48	7.54	8.21	8.49	8.43	8.03
6.58	13810	0.81	1.62	2.46	3.30	5.03	6.48	7.54	8.21	8.49	8.43	8.03
6.60	13857	0.81	1.62	2.46	3.30	5.03	6.48	7.53	8.21	8.49	8.43	8.03
6.62	13904	0.81	1.62	2.46	3.29	5.03	6.47	7.53	8.20	8.48	8.42	8.03
6.64	13951	0.81	1.62	2.46	3.29	5.02	6.47	7.53	8.20	8.48	8.42	8.03
6.66	13998	0.81	1.62	2.46	3.29	5.02	6.47	7.53	8.20	8.48	8.42	8.03
6.68	14045	0.81	1.62	2.45	3.29	5.02	6.47	7.52	8.20	8.48	8.42	8.03
6.70	14093	0.81	1.62	2.45	3.29	5.01	6.46	7.52	8.20	8.48	8.42	8.03
6.72	14140	0.81	1.62	2.45	3.29	5.01	6.46	7.52	8.19	8.47	8.41	8.03
6.74	14187	0.81	1.62	2.45	3.29	5.01	6.46	7.52	8.19	8.47	8.41	8.03
6.76	14234	0.81	1.62	2.45	3.29	5.01	6.46	7.51	8.19	8.47	8.41	8.03
6.78	14281	0.81	1.62	2.45	3.28	5.00	6.45	7.51	8.19	8.47	8.41	8.03
6.80	14329	0.81	1.62	2.45	3.28	5.00	6.45	7.51	8.18	8.46	8.40	8.03
6.82	14376	0.81	1.62	2.45	3.28	5.00	6.45	7.51	8.18	8.46	8.40	8.03
6.84	14423	0.81	1.62	2.45	3.28	4.99	6.44	7.50	8.18	8.46	8.40	8.03
6.86	14471	0.81	1.62	2.45	3.28	4.99	6.44	7.50	8.18	8.46	8.40	8.03
6.88	14518	0.81	1.61	2.45	3.28	4.99	6.44	7.50	8.11	8.45	8.39	8.02
6.90	14566	0.81	1.61	2.45	3.28	4.99	6.44	7.50	8.11	8.45	8.39	8.02
6.92	14613	0.81	1.61	2.45	3.28	4.98	6.43	7.49	8.11	8.45	8.39	8.02
6.94	14661	0.81	1.61	2.45	3.28	4.98	6.43	7.49	8.11	8.45	8.39	8.02
6.96	14108	0.81	1.61	2.45	3.28	4.98	6.43	7.49	8.16	8.44	8.38	8.02
6.98	14156	0.81	1.61	2.44	3.27	4.97	6.42	7.49	8.16	8.44	8.38	8.02
7.00	14803	0.81	1.61	2.44	3.27	4.97	6.42	7.48	8.16	8.44	8.38	8.02
7.02	14851	0.81	1.61	2.44	3.27	4.97	6.42	7.48	8.16	8.44	8.38	8.02
7.04	14899	0.81	1.61	2.44	3.27	4.97	6.42	7.48	8.16	8.44	8.38	8.02
7.06	14946	0.81	1.61	2.44	3.27	4.96	6.41	7.48	8.15	8.43	8.37	8.02
7.08	14994	0.81	1.61	2.44	3.27	4.96	6.41	7.48	8.15	8.43	8.37	8.02
7.10	15042	0.80	1.61	2.44	3.27	4.96	6.41	7.47	8.15	8.43	8.37	8.02
7.12	15090	0.80	1.61	2.44	3.27	4.95	6.40	7.47	8.15	8.43	8.37	8.02
7.14	15138	0.80	1.61	2.44	3.27	4.95	6.40	7.47	8.14	8.42	8.37	8.02
7.16	15186	0.80	1.61	2.44	3.27	4.95	6.40	7.47	8.14	8.42	8.36	8.02
7.18	15235	0.80	1.61	2.44	3.27	4.94	6.40	7.46	8.14	8.42	8.36	8.02
7.20	15283	0.80	1.61	2.44	3.27	4.94	6.39	7.46	8.14	8.42	8.36	8.01
7.22	15331	0.80	1.61	2.44	3.27	4.94	6.39	7.46	8.13	8.41	8.36	8.01
7.24	15380	0.80	1.61	2.44	3.27	4.93	6.39	7.46	8.13	8.41	8.36	8.01
7.26	15428	0.80	1.61	2.44	3.27	4.93	6.38	7.46	8.13	8.41	8.36	8.01
7.28	15477	0.80	1.61	2.44	3.27	4.93	6.38	7.45	8.13	8.41	8.35	8.01
7.30	15525	0.80	1.60	2.43	3.26	4.92	6.38	7.45	8.12	8.40	8.35	8.01
7.32	15574	0.80	1.60	2.43	3.26	4.92	6.38	7.45	8.12	8.40	8.35	8.01
7.34	15622	0.80	1.60	2.43	3.26	4.92	6.37	7.45	8.12	8.40	8.35	8.01
7.36	15671	0.80	1.60	2.43	3.26	4.91	6.37	7.44	8.12	8.40	8.35	8.01
7.38	15720	0.80	1.60	2.43	3.26	4.91	6.37	7.44	8.11	8.39	8.34	8.01
7.40	15769	0.80	1.60	2.43	3.26	4.91	6.36	7.44	8.11	8.39	8.34	8.00
7.42	15818	0.80	1.60	2.43	3.26	4.90	6.36	7.44	8.11	8.39	8.34	8.00
7.44	15867	0.80	1.60	2.43	3.26	4.90	6.36	7.44	8.11	8.39	8.34	8.00
7.46	15916	0.80	1.60	2.43	3.26	4.90	6.36	7.43	8.10	8.38	8.34	8.00
7.48	15965	0.80	1.60	2.43	3.26	4.89	6.35	7.43	8.10	8.38	8.34	8.00
7.50	16014	0.80	1.60	2.43	3.26	4.89	6.35	7.43	8.10	8.38	8.33	8.00
7.52	16064	0.80	1.60	2.43	3.26	4.89	6.35	7.43	8.10	8.38	8.33	8.00
7.54	16113	0.80	1.60	2.43	3.26	4.88	6.34	7.42	8.09	8.37	8.33	8.00
7.56	16162	0.80	1.60	2.43	3.26	4.88	6.34	7.42	8.09	8.37	8.33	8.00
7.58	16212	0.80	1.60	2.43	3.26	4.88	6.34	7.42	8.09	8.37	8.33	8.00
7.60	16261	0.80	1.60	2.43	3.26	4.88	6.33	7.41	8.09	8.37	8.32	8.00

**Tabela momentów poprawek ramion prostujących
od swobodnych powierzchni cieczy w zbiornikach
dla uniwersalnego drobnicowca nośności 13 600 t [24]**

ZBIORNIK	$\Delta m_l (\varphi)$								
φ	10	20	30	40	50	60	70	80	90
Skrajnik dziobowy	23.0	47.6	76.2	113.5	169.5	213.8	236.4	244.4	241.9
Zbiornik nr 1 LB	16.8	34.7	46.6	48.9	47.2	43.0	37.0	29.7	21.4
Zbiornik nr 1 PB	21.2	43.5	53.5	54.5	51.7	46.3	39.2	30.7	21.2
Zbiornik nr 2 LB	103.3	134.6	134.0	125.1	111.2	93.4	72.5	49.3	24.6
Zbiornik nr 2 PB	103.3	134.6	134.0	125.1	111.2	93.4	72.5	49.3	24.6
Zbiornik nr 3 LB	52.8	101.2	113.2	111.4	103.2	90.6	74.7	56.2	35.9
Zbiornik nr 3 PB	52.8	101.2	113.2	111.4	103.2	90.6	74.7	56.2	35.9
Zbiornik nr 3A LB	24.1	49.2	59.6	60.4	57.0	51.0	43.0	33.5	22.8
Zbiornik nr 3A PB	24.1	49.2	59.6	60.4	57.0	51.0	43.0	33.5	22.8
Zbiornik nr 4 LB	38.4	73.6	82.3	81.0	75.0	65.9	54.3	40.8	26.1
Zbiornik nr 4 PB	38.4	73.6	82.3	81.0	75.0	65.9	54.3	40.8	26.1
Zbiornik nr 4A LB	19.4	39.7	48.1	48.7	46.0	41.1	34.7	27.0	18.4
Zbiornik nr 4A PB	19.4	39.7	48.1	48.7	46.0	41.1	34.7	27.0	18.4
Zbiornik nr 5 LB	31.3	60.0	67.2	66.1	61.2	53.7	44.3	33.3	21.3
Zbiornik nr 5 PB	30.9	59.3	66.4	65.3	60.5	53.1	43.8	32.9	21.0
Zbiornik nr 5A LB	8.1	16.6	20.7	21.2	20.1	18.1	15.4	12.1	8.4
Zbiornik nr 5A PB	8.1	16.6	20.7	21.2	20.1	18.1	15.4	12.1	8.4
Zbiornik nr 6 LB	10.9	22.6	36.2	46.2	49.1	48.1	44.6	39.3	32.5
Zbiornik nr 6 PB	10.9	22.6	36.2	46.2	49.1	48.1	44.6	39.3	32.5
Zbiornik nr 7 LB	0.7	1.4	2.3	3.4	5.1	8.4	17.5	62.6	143.0
Zbiornik nr 7 PB	0.7	1.4	2.3	3.4	5.1	8.4	17.5	62.6	143.0
Zbiornik nr 8 LB	0.7	1.4	2.2	3.2	4.9	8.0	16.7	59.8	136.6
Zbiornik nr 8 PB	0.7	1.4	2.2	3.2	4.9	8.0	16.7	59.8	136.6
Zbiornik nr 9 LB	45.9	94.9	151.8	218.6	252.4	260.7	252.6	232.9	204.3
Zbiornik nr 9 PB	49.5	102.3	163.7	235.7	272.2	281.1	272.4	251.1	220.3
Zbiornik nr 31	2.6	5.4	8.6	12.8	15.7	16.7	16.6	15.7	14.2
Zbiornik nr 32	1.3	2.6	4.2	6.2	8.1	9.0	9.1	8.8	8.1
Zbiornik nr 33 LB	5.5	11.3	18.1	22.7	23.9	23.3	21.5	18.8	15.5
Zbiornik nr 33 PB	5.5	11.3	18.1	22.7	23.9	23.3	21.5	18.8	15.5
Zbiornik nr 34 LB	2.7	5.5	8.8	11.1	11.7	11.4	10.5	9.2	7.6
Zbiornik nr 34 PB	2.7	5.5	8.8	11.1	11.7	11.4	10.5	9.2	7.6
Zbiornik nr 35	25.7	45.3	48.5	46.8	42.8	37.1	30.0	22.0	13.2
Skrajnik rufowy	4.5	9.3	14.9	19.0	20.2	19.8	18.3	16.1	13.3
Ładownia nr 1 LB i PB	84.9	175.6	281.0	371.7	401.7	398.5	373.4	332.1	278.8

**Tabela zmian zanurzenia dziobu i rufy od przyjęcia 100 t,
dla uniwersalnego drobnicowca o nośności 13 600 t [24] – wycinek**

WYSZCZEGÓLNIENIE POMIESZCZEŃ	X od PR [m]	ZANURZENIE ŚREDNIE							
		6.00		6.50		7.00		7.50	
		ϵ_R [cm]	ϵ_D [cm]	ϵ_R [cm]	ϵ_D [cm]	ϵ_R [cm]	ϵ_D [cm]	ϵ_R [cm]	ϵ_D [cm]
Loker LB	118.75	-9.85	18.22	-9.49	18.02	-9.18	17.84	-8.37	17.16
Loker PB	120.08	-10.23	18.60	-9.86	18.40	-9.53	18.20	-8.68	17.50
Ładownie nr 1 LB i PB	121.49	-10.06	18.43	-9.69	18.23	-9.38	18.04	-8.55	17.35
Międzypokład nr 1A	121.17	-10.55	18.92	-10.16	18.71	-9.83	18.51	-8.96	17.79
Międzypokład nr 1B	122.90	-11.06	19.43	-10.65	19.21	-10.29	18.99	-9.39	18.24
Ładownia nr 2	103.42	-5.41	13.79	-5.22	13.68	-5.12	13.64	-4.66	13.20
Międzypokład nr 2	103.80	-5.53	13.91	-5.34	13.80	-5.23	13.75	-4.76	13.31
Ładownia nr 3	81.20	1.02	7.37	0.94	7.43	0.76	7.56	0.72	7.48
Międzypokład nr 3	81.03	1.07	7.32	0.98	7.39	0.80	7.51	0.76	7.43
Ładownia nr 4	55.68	8.42	0.00	8.02	0.23	7.52	0.56	6.90	0.90
Międzypokład nr 4	57.76	7.80	0.61	7.43	0.84	6.95	1.15	6.38	1.45
Ładownie nr 5/1 LB i PB	40.65	12.77	-4.34	12.19	-4.00	11.49	-3.55	10.54	-2.98
Ładownie nr 5/1 LB i PB	40.65	12.84	-4.41	12.26	-4.07	11.56	-3.62	10.60	-3.04
Międzypokład nr 5	40.30	12.87	-4.44	12.29	-4.10	11.59	-3.65	10.62	-3.07
Konten. - ład. nr 1	121.70	-10.70	19.07	-10.30	18.86	-9.96	18.65	-9.08	17.92
Konten. - ład. nr 2	104.00	-5.58	13.96	-5.39	13.87	-5.28	13.80	-4.80	13.35
Konten. - ład. nr 3D	87.31	-0.74	9.14	-0.72	9.16	-0.86	9.23	-0.76	9.05
Konten. - ład. nr 3R	77.40	2.13	6.27	1.99	6.36	1.77	6.51	1.64	6.49
Konten. - ład. nr 4	56.80	8.09	0.32	7.70	0.55	7.22	0.87	6.62	1.19
Konten. - ład. nr 5	39.43	13.12	-4.69	12.53	-4.35	11.82	-3.89	10.83	-3.29
Skrajnik dziobowy	135.99	-14.84	23.20	-14.27	22.89	-13.74	22.56	-12.55	21.60
Pal. zb. nr 1 LB i PB	119.49	-10.39	18.75	-10.00	18.57	-9.67	18.35	-8.82	17.64
Pal. zb. nr 2 LB i PB	102.93	-5.27	13.65	-5.09	13.56	-4.99	13.50	-4.54	13.09
Bal. zb. nr 3 LB i PB	81.20	1.02	7.37	0.94	7.43	0.76	7.55	0.72	7.48
Bal. zb. nr 3A LB i PB	80.66	1.18	7.21	1.09	7.28	0.90	7.41	0.85	7.33
Bal. zb. nr 4 LB i PB	58.40	7.63	0.79	7.26	1.00	6.79	1.31	6.24	1.60
Bal. zb. nr 4A LB i PB	58.46	7.61	0.80	7.24	1.02	6.78	1.32	6.22	1.62
Pal. zb. nr 5 LB i PB	39.36	13.14	-4.71	12.54	-4.37	11.83	-3.91	10.85	-3.31

Tabele współczynników stosowanych do obliczania amplitudy kołysania statku pod wpływem falowania, według IMO [12]

Wartość czynnika X_1

B/d	X_1
$\leq 2,4$	1,00
2,5	0,98
2,6	0,96
2,7	0,95
2,8	0,93
2,9	0,91
3,0	0,90
3,1	0,88
3,2	0,86
3,3	0,84
3,4	0,82
$\geq 3,5$	0,80

Wartość czynnika X_2

C_B	X_2
$\leq 0,45$	0,75
0,50	0,82
0,55	0,89
0,60	0,95
0,65	0,97
$\geq 0,70$	1,0

Wartość czynnika k

$\frac{A_k \times 100}{L \times B}$	k
0	1,0
1,0	0,98
1,5	0,95
2,0	0,88
2,5	0,79
3,0	0,74
3,5	0,72
$\geq 4,0$	0,70

Wartość czynnika s

T_ϕ	s
≤ 6	0,100
7	0,098
8	0,093
12	0,065
14	0,053
16	0,044
18	0,038
≥ 20	0,035

Oznaczenia: B – konstrukcyjna szerokość statku [m], d – zanurzenie statku [m], C_B – współczynnik pełnotliwości kadłuba [-], A_k – powierzchnia boczna stępki belkowej lub całkowita powierzchnia stępek obłowych [m²], L – długość statku na wodnicy [m], T_ϕ – okres kołysań statku [s].

**Tabela dopuszczalnych rzędnych środka masy Z_{Gdop}
dla uniwersalnego drobnicowca o nośności 13 600 t,
dla kryteriów stateczności PRS [24] – wycinek**

T [m]	D [t]	Z_{Gdop} [m]	Z_{Gdopl} [m]	Z_{Gdopk} [m]	Z_{Gdopkl} [m]
5.00	10460	9.64	9.60	9.49	9.43
5.10	10693	9.64	9.59	9.49	9.44
5.20	10926	9.61	9.57	9.50	9.44
5.30	11161	9.59	9.55	9.47	9.44
5.40	11395	9.55	9.53	9.41	9.39
5.50	11630	9.48	9.48	9.37	9.34
5.60	11866	9.42	9.42	9.32	9.29
5.70	12101	9.37	9.37	9.28	9.25
5.80	12338	9.32	9.32	9.24	9.21
5.90	12574	9.27	9.27	9.20	9.18
6.00	12811	9.23	9.23	9.16	9.14
6.10	13048	9.20	9.20	9.13	9.11
6.20	13286	9.16	9.10	9.16	9.07
6.30	13525	9.13	9.13	9.07	9.04
6.40	13765	9.10	9.10	9.04	9.02
6.50	14005	9.08	9.08	9.02	8.99
6.60	14246	9.06	9.06	9.00	8.96
6.70	14489	9.05	9.05	8.98	8.94
6.80	14731	9.03	9.03	8.96	8.92
6.90	14975	9.02	9.02	8.95	8.90
7.00	15219	9.01	9.01	8.93	8.89
7.10	15464	9.01	9.01	8.92	8.88
7.20	15712	9.00	9.00	8.92	8.87
7.30	15961	9.00	9.00	8.91	8.87
7.40	16212	9.00	9.00	8.91	8.86
7.50	16464	9.01	9.01	8.91	8.86
7.60	16718	9.01	9.01	8.91	8.86
7.70	16972	9.01	9.01	8.91	8.86
7.80	17230	9.02	9.02	8.91	8.87
7.90	17487	9.03	9.03	8.92	8.87
8.00	17746	9.03	9.03	8.92	8.87
8.10	18006	9.05	9.05	8.93	8.88
8.20	18267	9.06	9.06	8.94	8.89
8.30	18528	9.07	9.07	8.95	8.89
8.40	18791	9.08	9.08	8.96	8.90
8.50	19054	9.09	9.09	8.96	8.91
8.60	19320	9.11	9.11	8.97	8.92
8.70	19585	9.13	9.13	8.98	8.93
8.80	19852	9.12	9.15	9.00	8.94
8.90	20119	9.10	9.16	9.01	8.95
9.00	20389	9.08	9.18	9.03	8.96
9.10	20659	9.07	9.16	9.04	8.97
9.20	20930	9.05	9.13	9.04	8.99
9.30	21201	9.03	9.10	9.02	9.00
9.40	21472	9.02	9.08	9.00	9.01

Z_{Gdop} – dla statku bez pokładowego ładunku kontenerów i bez oblodzenia,

Z_{Gdopl} – dla statku bez pokładowego ładunku kontenerów z oblodzeniem,

Z_{Gdopk} – dla statku z pokładowym ładunkiem kontenerów i bez oblodzenia,

Z_{Gdopkl} – dla statku z pokładowym ładunkiem kontenerów i z oblodzeniem.

**Tabela dopuszczalnych momentów przechylających
od przesypania się ziarna, masowiec do przewozu ziarna luzem
o nośności 15 844 t [25]**

DISPLA- CEMENT	KG (including free surface correction), z_{GP}										
	6.00	6.10	6.20	6.30	6.40	6.50	6.60	6.70	6.80	6.90	7.00
12000	8881	8616	8350	8085	7820	7554	7289	7023	6758	6483	6227
12500	8957	8681	8404	8128	7851	7575	7298	7022	6745	6469	6192
13000	9054	8767	8479	8192	7904	7617	7329	7042	6754	6467	6179
13500	9185	8887	8583	8290	7991	7693	7394	7095	6797	6498	6200
14000	9331	9022	8712	8402	8093	7783	7474	7164	6854	6545	6235
14500	9499	9178	8857	8537	8216	7895	7575	7254	6933	6613	6292
15000	9686	9355	9023	8691	8359	8028	7696	7364	7032	6701	6369
15500	9899	9556	9214	8871	8528	8185	7842	7499	7157	6814	6471
16000	10134	9780	9426	9072	8718	8364	8011	7657	7303	6949	6595
16500	10392	10027	9662	9298	8933	8568	8203	7838	7473	7108	6743
17000	10675	10299	9923	9547	9171	8795	8419	8043	7657	7291	6915
17500	10972	10585	10198	9811	9424	9037	8650	8263	7876	7489	7101
18000	11303	10905	10507	10109	9711	9313	8915	8517	8118	7720	7322
18500	11660	11251	10842	10433	10024	9615	9206	8796	8387	7978	7569
19000	12042	11622	11202	10782	10361	9941	9521	9101	8681	8260	7840
19500	12446	12015	11583	11152	10721	10289	9858	9427	8996	8564	8133
20000	12870	12428	11985	11543	11101	10658	10216	9774	9331	8889	8447

DISPLA- CEMENT	KG (including free surface correction), z_{GP}									
	7.10	7.20	7.30	7.40	7.50	7.60	7.70	7.80	7.90	8.00
12000	5962	5696	5431	5166	4900	4635	4369	4104	3839	3573
12500	5916	5640	5363	5087	4810	4534	4257	3981	3704	3428
13000	5892	5604	5317	5029	4742	4454	4167	3879	3592	3304
13500	5901	5603	5304	5005	4707	4408	4110	3811	3513	3214
14000	5925	5616	5306	4996	4687	4377	4068	3758	3448	3139
14500	5971	5651	5330	5009	4688	4368	4047	3726	3406	3085
15000	6037	5705	5374	5042	4710	4378	4047	3715	3383	3051
15500	6128	5785	5443	5100	4757	4414	4071	3729	3386	3043
16000	6241	5887	5533	5180	4826	4472	4118	3764	3410	3056
16500	6378	6013	5648	5283	4918	4553	4189	3824	3459	3094
17000	6539	6163	5787	5411	5035	4659	4283	3907	3531	3155
17500	6714	6327	5940	5553	5166	4779	4392	4005	3618	3231
18000	6924	6526	6178	5730	5332	4934	4536	4137	3739	3341
18500	7160	6751	6341	5932	5523	5114	4705	4296	3886	3477
19000	7420	7000	6579	6159	5739	5319	4899	4478	4058	3638
19500	7702	7271	6839	6400	5977	5545	5114	4683	4252	3820
20000	8004	7562	7120	6677	6235	5793	5350	4880	4467	4068

LITERATURA

1. Dudziak J., *Teoria okrętu*, Wydawnictwo Morskie, Gdańsk 1988.
2. *Economic and Social Council*, United Nations, Economic Commission for Europe, Coal Committee, Rome 1991.
3. Frąckowiak M., *Statyka okrętu*, Politechnika Gdańska, Gdańsk 1990.
4. *Ilustrowana encyklopedia dla wszystkich. Okręty i żegluga*, pod red. H. Chmielewskiego, WNT, Warszawa 1977.
5. *International Code for the Safe Carriage of Grain in Bulk (International Grain Code)*, International Maritime Organization, London 1991.
6. Jurdziński M., Kabaciński J., *Wyznaczanie masy ładunku na podstawie zanurzeń statku*, Fundacja Rozwoju Wyższej Szkoły Morskiej w Gdyni, Gdynia 1995.
7. Kabaciński J., *Stateczność i niezatapialność*, Wydawnictwo WSM w Szczecinie, Szczecin 1995.
8. Koziński M.H., *Nowy kodeks morski*, Fundacja Rozwoju Wyższej Szkoły Morskiej w Gdyni, Gdynia 2002.
9. Kucharski S., Więckiewicz W., *Geometria i obliczenia hydrostatyczne kadłuba statku*, Wyższa Szkoła Morska w Gdyni, Gdynia 1997.
10. Kucharski S., Więckiewicz W., *Obliczenia masy i współrzędnych środka masy statku*, Wyższa Szkoła Morska w Gdyni, Gdynia 1997.
11. Landström B., *The ship*, Allen and Unwin, London 1961.
12. *Kodeks stateczności w stanie nieuszkodzonym dla wszystkich typów statków objętych dokumentami IMO*, Polski Rejestr Statków, Gdańsk 2003.
13. *Międzynarodowa Konwencja o Bezpieczeństwie Życia na Morzu, SOLAS 1974*, Polski Rejestr Statków, Gdańsk 2002.
14. *Międzynarodowa Konwencja o Liniach Ładunkowych z 1966*, Polski Rejestr Statków, Gdańsk 2000.
15. *Międzynarodowa Konwencja o Pomierzaniu Pojemności Statków – (TONNAGE) z 1969*, Polski Rejestr Statków, Gdańsk 1982.
16. *Międzynarodowa Konwencja o Zapobieganiu Zanieczyszczeniu Morza przez Statki (MARPOL 73/78) – IMO*, Polski Rejestr Statków, Gdańsk 2003.
17. *Poradnik okrętowca*, tom II, *Teoria okrętu*, praca zbiorowa, Wydawnictwo Morskie, Gdynia 1960.
18. Puchalski J., Uciński H., *Vademecum marynarza pokładowego*, Trademar, Gdynia 1993.
19. *Przepisy klasyfikacji i budowy statków morskich. Część IV. Stateczność i niezatapialność*, Polski Rejestr Statków, Gdańsk 2002.

20. Rawson K. J., Tupper E.C., *Basic ship theory*, Longman, London and New York 1976.
21. Staliński J., *Teoria okrętu*, Wydawnictwo Morskie, Gdańsk 1966.
22. Szczepankiewicz J., *Instrukcja ustalania wagi ładunku na podstawie zanurzenia statku*, „Polcargo” – materiały wewnętrzne, Gdynia 1984.
23. Więckiewicz W., *Zarys budowy statków morskich*, Wyższa Szkoła Morska w Gdyni, Gdynia 2001.
24. *Dokumentacja semikontenerowca 9700/13 600 t nośności, B354*, Biuro projektowo-konstrukcyjne Stoczni im Komuny Paryskiej w Gdyni.
25. *Grain stability information m.v. „Maestro”*, Malborough Shipping Co. Limited.