

# *Polski Rejestr Statków*

## **PRZEPISY**

PUBLIKACJA NR 6/P

**STATECZNOŚĆ**

**2006**

Publikacje P (Przepisowe) wydawane przez Polski Rejestr Statków są uzupełnieniem lub rozszerzeniem Przepisów i stanowią wymagania obowiązujące tam, gdzie mają zastosowanie.



GDĄNSK

# *Polski Rejestr Statków*

**PRZEPISY**

PUBLIKACJA NR 6/P

**STATECZNOŚĆ**

**2006**

GDAŃSK

*Publikacja Nr 6/P – Stateczność – 2006 stanowi rozszerzenie wymagań Części IV – Stateczność i niezatapialność, Przepisów klasyfikacji i budowy statków morskich.*

Publikacja ta została zatwierdzona przez Zarząd Polskiego Rejestru Statków S.A. w dniu 13 listopada 2006 r. i wchodzi w życie z dniem 6 grudnia 2006 r.

Niniejsza *Publikacja* zastępuje *Publikację Nr 6/P – Stateczność – 1979.*

© Copyright by Polski Rejestr Statków, 2006

PRS/HW, 11/2006

ISBN 83-60629-02-1



## SPIS TREŚCI

	str.
<b>1 Próba przechyłów</b> .....	5
1.1 Postanowienia ogólne .....	5
1.2 Warunki pogodowe i sposób cumowania statku w czasie próby .....	5
1.3 Przygotowanie statku do próby .....	5
1.4 Masy przechyłowe .....	6
1.5 Masy zbędne i masy brakujące na statku .....	7
1.6 Określenie kątów przechyłu .....	7
1.7 Pomiar zanurzenia oraz obliczanie wyporności .....	7
1.8 Próba przechyłów metodą przenoszenia mas przechyłowych .....	8
1.9 Próba przechyłów przy użyciu inklinografów .....	9
1.10 Błąd próby .....	9
1.11 Uwzględnienie wpływu przegłębienia .....	11
<b>2 Protokół i wyniki próby przechyłów</b> .....	12
2.1 Posługiwanie się wynikami próby .....	12
2.2 Przykład protokołu z próby przechyłów .....	12
2.3 Przykład opracowania wyników próby przechyłów .....	15
<b>3 Określanie okresu poprzecznego kołysania statku</b> .....	20
<b>4 Określenie momentu wywracającego</b> .....	21
4.1 Statki towarowe i rybackie .....	21
4.2 Statki taboru pogłębiarskiego .....	24
4.3 Żurawie pływające .....	25



# 1 PRÓBA PRZECHYŁÓW

## 1.1 Postanowienia ogólne

Próba przechyłów (doświadczalne określenie położenia środka masy statku) powinna odbywać się w obecności inspektora PRS. Pomiaru kątów przechyłu dokonuje się za pomocą pionów lub specjalnych przyrządów uznanych przez PRS.

## 1.2 Warunki pogodowe i sposób cumowania statku w czasie próby

Należy dążyć, aby próba przechyłów była przeprowadzana na spokojnym, osłoniętym akwenu, wolnym od oddziaływania sił zewnętrznych jak np. nieoczekiwane wyrzuty pomp brzegowych, strumienie zaśrubowe przepływających statków itp. Zaleca się, aby prędkość wiatru nie przekraczała 3 m/s.

Jeżeli występują prądy pływowe, próbę należy przeprowadzić w okresie maksymalnego przyptywu lub w okresie maksymalnego odpływu.

Próby nie należy przeprowadzać, jeżeli oddziaływanie wiatru, falowania lub prądów morskich sprawia, że dokładność wyników próby nie może być zapewniona.

Głębokość akwenu powinna być wystarczająca, aby zapewnić, że statek nie będzie dotykać dna akwenu w jakimkolwiek momencie próby przechyłów.

Przed próbą należy pomierzyć głębokość wody w tylu miejscach, w ilu jest to niezbędne, aby upewnić się, że powyższy warunek zostanie spełniony. Należy uwzględnić różnice pływów, jeżeli występują.

Podczas odczytywania pomiarów po każdym przesunięciu ciężaru, liny cumownicze powinny być wolne od jakichkolwiek napięć w kierunku poprzecznym.

Do cumowania statku podczas próby przechyłów powinno się zastosować cumy dziobowe i rufowe po obu burtach statku zamocowane w PS statku lub w jej pobliżu. Cumy wzdłużne powinny być tak długie, jak to jest praktycznie wykonalne.

Można zastosować cumy dziobowe i rufowe rozmieszczone tylko na jednej burcie, uzupełnione przez szpringi.

Inspektor PRS może rozpatrzyć zastosowanie tylko pojedynczej cumy dziobowej lub rufowej, jednak tylko w przypadku jeżeli upewni się, że swoboda ruchów statku nie wpłynie niekorzystnie na przebieg próby przechyłów.

## 1.3 Przygotowanie statku do próby

Statek przygotowany do próby przechyłów powinien w miarę możliwości odpowiadać stanowi „statek pusty” – (patrz podrozdział 1.3 z *Części IV – Stateczność i niezatapialność*). Całe wyposażenie oraz części zapasowe powinny znajdować się w miejscach dla nich przeznaczonych.

Przedmioty, które mogą się przemieszczać w czasie przechyłu statku, powinny być zamocowane. Wszystkie zbiorniki wody, balastu wodnego, zapasowe oleju, paliwa (z wyjątkiem rozchodowych) i innych cieczy powinny być w zasadzie całkowicie puste.

Kotły powinny być napełnione wodą do poziomu roboczego. Jeżeli kotły są puste, należy w wykazie mas brakujących uwzględnić masę wody w kotłach.

Przed rozpoczęciem próby należy upewnić się, czy statek, w tym i maszynownia, są osuszone i oczyszczone oraz, że na statku nie ma niewzględzonych przedmiotów.

W wyjątkowych przypadkach, gdy niemożliwe jest całkowite opróżnienie poszczególnych zbiorników, należy ustalić z możliwie największą dokładnością wielkość i rozkład swobodnych powierzchni, a następnie uwzględnić je przy obliczaniu wysokości metacentrycznej.

Statek może mieć poszczególne zbiorniki całkowicie zapełnione, w takim przypadku należy przedsięwziąć środki wykluczające możliwość tworzenia się „poduszek powietrznych” w zbiornikach.

Na statkach płaskodennych, po odpompowaniu ładunków ciekłych z wnętrza kadłuba, należy usunąć resztki cieczy z części dna poniżej koszy ssących, aż do całkowitego opróżnienia tych przestrzeni.

Na statkach ze stępką belkową, posiadających znaczne podoblenie uniemożliwiające całkowite odpompowanie ładunków ciekłych do sucha, dopuszczalne są w części klinowej kadłuba pozostałości cieczy do wysokości 0,05 m. W porze zimowej próbę przechyłów można wykonać tylko w przypadku, gdy nie występuje oblodzenie kadłuba. Z pokładu należy usunąć zalegający śnieg i lód. Próby nie należy wykonywać podczas obfitych opadów śniegu.

Przed przystąpieniem do próby przechyłów statek powinien być w położeniu wyprostowanym. Dopuszcza się wstępny przechył, ale nie może on przekraczać  $0,5^\circ$ . Przegłębienie statku powinno odpowiadać przegłębieniu dla stanu „statek pusty” (patrz podrozdział 1.3. z Części IV – *Stateczność i niezatapialność*).

#### **1.4 Masy przechyłowe**

Przy przeprowadzaniu próby przechyłów metodą przenoszenia mas należy na statek przyjąć taką ich ilość, aby możliwe było uzyskanie przez statek przechyłu co najmniej  $1^\circ$ , ale nie więcej niż  $4^\circ$  na każdą burtę, w stosunku do położenia początkowego.

Jako masy przechylające mogą służyć obiekty, dla których łatwo można ustalić ich środki mas np.: worki z piaskiem (nieprzepuszczające wody), skrzynie itp. Masy przechyłowe należy ponumerować.

Wielkość poszczególnych mas przechyłowych powinna być znana i możliwa do sprawdzenia przez inspektora PRS nadzorującego próbę przechyłów. Przyjęte na statek masy do próby przechyłów należy ułożyć na górnym pokładzie, przy burtach, w nie mniej niż czterech grupach, w przybliżeniu równych wagowo, rozłożonych symetrycznie względem geometrycznego środka ciężkości płaszczyzny aktualnej wodnicy statku.

Użyta masa przechyłowa powinna odpowiadać masie wyliczonej dla próby, z dokładnością do 0,5%.

Użycie przelewania wody balastowej do uzyskania przechylenia statku, może być przeprowadzone tylko w przypadku, kiedy niemożliwe jest przechylenie jednostki przy pomocy stałych mas przechylających. Procedura takiej próby powinna być przedłożona PRS, a jej wykonanie jest dopuszczalne tylko wtedy, gdy zostanie ona przez PRS zatwierdzona.



## 1.5 Masy zbędne i masy brakujące na statku

Przed próbą przechyłów należy sporządzić wykazy mas zbędnych i mas brakujących na statku w stosunku do ilości przewidzianej dla stanu „statek pusty”, z podaniem ich rozmieszczenia wzdłuż i wzwyż na statku (patrz tabele 6 i 7 – przykład protokołu z próby przechyłów, pkt. 2.2). Określenie wielkości i rozmieszczenia mas brakujących należy wykonać z możliwie największą dokładnością. Suma mas brakujących nie powinna przekraczać 2%, a suma mas zbędnych (bez mas przechyłowych) – 4% wyporności statku pustego. Dla małych statków wielkości procentowe sumy mas zbędnych i brakujących mogą być zwiększone po uzgodnieniu z inspektorem PRS.

## 1.6 Określenie kątów przechyłu

Do określenia kątów przechyłu można stosować przyrządy uchylnie (wahadła), naczynia połączone, inklinografy i inne przyrządy specjalne.

Jeżeli rolę wahadła pełni ciężarek zawieszony na sznurku (zwany dalej pionem do pomiaru kąta przechyłu lub pionem), długość sznurka powinna być największa z możliwych do zastosowania na danym statku. Zaleca się, aby na większych statkach długość pionu wynosiła 4–6 m, a na małych – co najmniej 1,5 m. Ciężarek pionu należy umieścić w podłużnym zbiorniku z wodą lub olejem, w celu szybkiego tłumienia wahań pionu. Ciężarek powinien być wyposażony w skrzydełka.

Należy stosować co najmniej dwa przyrządy uchylnie, a zaleca się stosować trzy takie przyrządy. Piony należy podwiesić w różnych miejscach wzdłuż statku. W pobliżu ciężarka pionu należy zamocować poziomo drewnianą listwę z umieszczoną na niej podziałką do odczytywania wychyleń pionu.

Jeszcze przed znieruchomieniem wahadła, należy odnotować na przygotowanym formularzu granice wychyleń wahadła w prawo i w lewo dla 4–5 pełnych wahań. Jako odczyt rzeczywisty należy przyjąć średnie arytmetyczne z otrzymanych tym sposobem 8–10 zapisów granicznych wychyleń wahadła na jedną i na drugą burtę.

Długość pionu,  $l$ , należy mierzyć od punktu zawieszenia do podziałki, na której odczytuje się wychylenia.

Przy zastosowaniu specjalnych przyrządów zapis kątów przechyłu należy prowadzić zgodnie z instrukcją załączoną do każdego przyrządu.

## 1.7 Pomiar zanurzenia oraz obliczanie wyporności

Zanurzenie statku należy dokładnie zmierzyć na początku próby, na podstawie znaków zanurzenia oraz dodatkowo należy kontrolnie wykonać minimum 4 pomiary wolnej burty (pomiar wykonać dla L i PB). W czasie pomiarów zanurzenia należy uważać, aby na statku znajdowała się taka sama liczba ludzi, jaka będzie na niej podczas próby.

Na statkach małych pomiar zanurzenia i wolnej burty należy wykonywać z łodzi. Jeżeli trzeba taki pomiar wykonać z burty statku, to przechył i przyrost przegłębień należy redukować w ten sposób, że osoby mierzące przemieszczają się równocześnie po obu burtach w przeciwnych kierunkach ku rufie i dziobowi.

Dla ułatwienia pomiaru zanurzenia podczas lekkiego falowania zaleca się stosować rurkę szklaną otwartą z obu końców, z których jeden należy zanurzyć w wodzie.

Pomiaru zanurzenia według znaków zanurzenia i wolnej burty należy dokonywać po obydwu burtach statku i przyjmować średnie arytmetyczne tych pomiarów, aby wyeliminować wpływ wstępnego przechyłu statku. Zanurzenie powinno być pomierzone z dokładnością do 0,01 m.

Dla kontroli prawidłowości pomiarów zanurzenia należy na rysunek linii teoretycznych nanieść wodnicę wynikającą ze znaków zanurzenia oraz z pomierzonej wielkości wolnej burty statku. Przy dokładnych pomiarach obie wodnice powinny pokrywać się ze sobą. W przypadku nieznacznej rozbieżności w położeniu wodnic należy przyjąć średnie położenie wodnicy. Przy większych rozbieżnościach pomiaru zanurzeń i wolnej burty należy powtórzyć. Na statku powinien znajdować się dokument potwierdzający prawidłowość naniesienia znaków zanurzenia.

Przed wykonaniem próby przechyłów należy dokonać pomiaru ilości cieczy w zbiornikach oraz dokonać pomiaru gęstości wody zaburtowej na odpowiedniej głębokości za pomocą hydrometru.

Należy również mieć na uwadze, że niektóre kadłuby statków podlegają deformacji kształtu typu ugięcie (sagging) i wygięcie (hogging). Deformację tę należy uwzględnić przy obliczaniu wyporności statku.

Wyporność statku należy określić z arkusza krzywych hydrostatycznych obliczonych z uwzględnieniem przegłębienia lub wyliczyć z wykorzystaniem skali Bonjeana. Odczytane zanurzenie statku należy skorygować względem płaszczyzny podstawowej, dla której wykonane są obliczenia krzywych hydrostatycznych.

Wyporność statku  $D$  należy określić ze wzoru:

$$D = \rho \cdot V \cdot k$$

$\rho$  – gęstość wody zaburtowej, [t/m<sup>3</sup>];

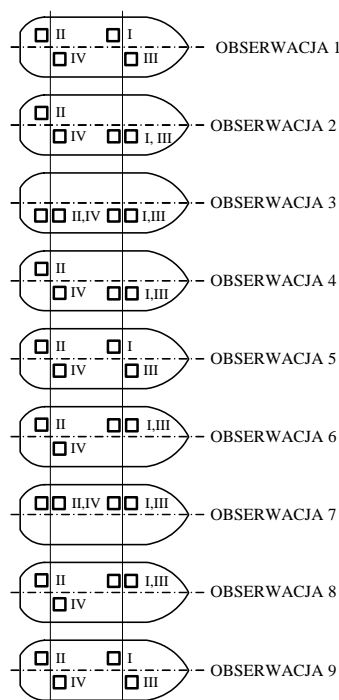
$V$  – objętość podwodzia [m<sup>3</sup>];

$k$  – bezwymiarowy współczynnik uwzględniający wyporność części wystających poszycia statku.

## 1.8 Próba przechyłów metodą przenoszenia mas przechyłowych

Kolejność przenoszenia czterech mas przechyłowych powinna być taka jak pokazano na rys. 1.8.

Przy każdym przechyle należy upewnić się, że nie działają żadne czynniki zakłócające swobodę przechyłu statku. W przypadku dużych statków można przeprowadzić próbę przechyłów z zastosowaniem sześciu mas przechyłowych. W takim przypadku sposób przeprowadzenia próby przechyłów należy każdorazowo uzgodnić z PRS.



Rys. 1.8 Kolejność przenoszenia mas przechyłowych podczas pomiarów

Po zakończeniu próby, do protokołu próby przechyłów należy wpisać wykonane w czasie próby pomiary: bezwzględne wielkości odchylenia pionów, wielkość przenoszonych mas, ramię przenoszenia dla każdego z odczytów oraz wielkości zanurzeń (przykład protokołu – patrz pkt 2.2).

### 1.9 Zastosowanie inklinografów

Do próby przechyłów należy użyć co najmniej dwa inklinografy. Przyrządy te należy umieścić w poprzek statku w różnych pomieszczeniach, nie dalej od owręza niż 0,25 długości statku  $L$ , w pobliżu płaszczyzny symetrii, na stołach silnie przymocowanych do kadłuba.

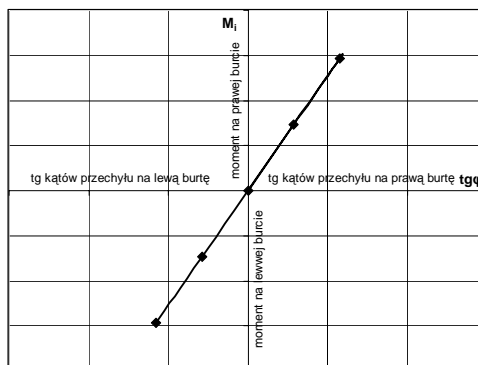
Przyrządy należy przygotować do próby zgodnie z instrukcją obsługi. Przyrządy powinny posiadać aktualne świadectwo atestacji.

### 1.10 Błąd próby

Wysokość metacentryczną należy przyjąć jako równą średniej arytmetycznej z jej wielkości otrzymanych dla poszczególnych przechyłów (obserwacje 2, 3, 4, 6, 7 i 8 wg rys.1.8). Sposób określania średniej wielkości wysokości metacentrycznej oraz prawdopodobnego błędu bezwzględnego z próby przechyłów podano w punkcie 2.3 (przykład opracowania wyników próby przechyłów).

W trakcie przeprowadzania próby niektóre odczyty wychyleń mogą, z różnych powodów, okazać się nieprawidłowe; przy opracowaniu wyników próby odczyty

takie należy pominąć. Tego rodzaju nieprawidłowe odczyty można wykryć drogą wykonania wykresu kontrolnego, w którym na osi rzędnych należy odłożyć wielkości momentów przechylających, a na osi odciętych – odpowiadające im tangensy kątów przechyłu, dla każdego pionu osobno. Wyznaczone w ten sposób punkty powinny znaleźć się na wspólnej prostej przechodzącej przez początek układu współrzędnych. Punkty znacząco oddalone od tej prostej wskazują na nieprawidłowy pomiar. Przykład wykonania wykresu kontrolnego pokazano na rys. 1.10.



Rys. 1.10 Wykres kontrolny momentu przechylającego  $M_i$  w zależności od  $\text{tg}$  kąta przechyłu  $\varphi$

**1.10.1** Średniokwadratowy błąd względny średniej arytmetycznej początkowej wysokości metacentrycznej,  $\varepsilon_{GM}$ , należy obliczać wg wzoru:

$$\varepsilon_{GM} = \frac{1}{GM_{sr}} t_{cn} \sqrt{\frac{\sum (GM_i - GM_{sr})^2}{n(n-1)}} \quad (1.10.1)$$

gdzie:

$n$  – liczba odczytów;  $n = 6$ ,

$t_{cn}$  – współczynnik wynikający z przyjęcia za rozkład gęstości prawdopodobieństwa błędu rozkładu  $t$  Studenta o  $n$  stopniach swobody; dla  $n = 6$ ,  $t_6 = 1,13$ , a dla  $n = 8$ ,  $t_8 = 1,09$  (poziom ufności błędu średniokwadratowego = 68,3%),

$GM_i$  – wysokość metacentryczna dla kolejnego odczytu, [m]

$GM_{sr}$  – średnia arytmetyczna początkowych wysokości metacentrycznych w poszczególnych pomiarach (z 6 odczytów), [m].

**1.10.2** Średniokwadratowy błąd określenia wyporności statku,  $\varepsilon_D$ , należy oszacować wg wzoru:

$$\varepsilon_D = \frac{\rho \cdot g \cdot F \cdot \Delta T}{D\sqrt{3}} \quad (1.10.2)$$

gdzie:

$\rho$  – gęstość wody zaburtowej, [t/m<sup>3</sup>]

$g$  – przyspieszenie ziemskie, [m/s<sup>2</sup>]

$F$  – powierzchnia wodnicy, [m<sup>2</sup>]

$D$  – wyporność statku w czasie próby, [t]

$\Delta T$  – błąd odczytu zanurzenia (przyjmuje się nie większy niż 0,01 m).

**1.10.3** Sumaryczny średniokwadratowy względny błąd próby,  $\varepsilon$ , jest równy:

$$\varepsilon = \pm \sqrt{\varepsilon_{GM}^2 + \varepsilon_D^2} \quad (1.10.3-1)$$

Błąd bezwzględny próby należy obliczać wg wzoru:

$$\Delta GM = \pm \varepsilon GM_{sr} \quad (1.10.3-2)$$

gdzie:

$GM_{sr}$  – średnia wysokość metacentryczna w warunkach próby.

### 1.11 Uwzględnienie wpływu przegłębienia

Jeśli podczas próby przechyłów przegłębienie statku różni się o więcej niż 0,005L od tego przegłębienia, dla którego obliczono krzywe hydrostatyczne, to krzywe te nie mogą być stosowane przy opracowywaniu wyników próby przechyłów. W tym przypadku współrzędne środka masy statku, podane w układzie współrzędnych związanym ze statkiem w sposób pokazany na rys. 1.2.3.1 z Części II – Kadłub, należy dla warunków próby obliczyć wg wzorów:

$$x_G = x_{F\psi} \pm (r_\psi - GM_0) \sin \psi \quad (1.11-1)$$

znak „+” przy przegłębieniu statku na rufę,

znak „-” przy przegłębieniu statku na dziób.

$$z_G = z_{F\psi} + (r_\psi - GM_0) \cos \psi \quad (1.11-2)$$

Współrzędne  $x_{F\psi}$  i  $z_{F\psi}$  należy ustalić na podstawie krzywych powierzchni wręgów i krzywych statycznych momentów powierzchni wręgów względem płaszczyzny podstawowej.

Promień metacentryczny  $r_\psi$ , z uwzględnionym przegłębieniem, należy obliczyć na podstawie rysunku linii teoretycznych, na którym należy nanieść wodnicę pływania statku podczas próby; w obliczeniu należy stosować wzory:

$$r_\psi = \frac{I_{x\psi}}{V_\psi}, \quad [\text{m}], \quad (1.11-3)$$

$I_{x\psi}$  – poprzeczny moment bezwładności pola powierzchni wodnicy pływania, [m<sup>4</sup>];

$$I_{x\psi} = \frac{2}{3} \Delta L \Sigma y^3_\psi, [\text{m}^4];$$

$\Delta L$  – odstęp wręgów teoretycznych, [m];

$y_\psi$  – rzędna aktualnej wodnicy, [m];

- $V_{\psi}$  – objętość podwodzia statku określona na podstawie krzywych powierzchni wręgów dla zanurzenia do wodnicy (bez uwzględnienia części wystających), [m<sup>3</sup>];
- $GM_0$  – obliczeniowa wartość wysokości metacentrycznej statku, [m];
- $\psi$  – kąt utworzony przez oś współrzędnych  $x$  i poziom.

## 2 PROTOKÓŁ I WYNIKI PRÓBY PRZECHYŁÓW

### 2.1 Posługiwanie się wynikami próby

Protokół z próby przechyłów wchodzi w zakres informacji o stateczności – patrz *Przepisy klasyfikacji i budowy statków morskich, Część IV – Stateczność i niezatapialność*, punkt 1.6.11.6.9.

Jeżeli dla statku nowo budowanego, przebudowywanego lub remontowanego itp. wykonano wstępne obliczenia stateczności, a następnie stwierdzono, że masa „statku pustego” różni się nie więcej niż o 2% od obliczonej wstępnie, a wysokość środka masy – nie więcej niż o 0,04 m lub 2% (w zależności od tego, która wartość jest mniejsza), to wstępne obliczenia stateczności można przyjąć za podstawę do opracowania *Informacji o stateczności*.

### 2.2 Przykład protokołu z próby przechyłów

Wymiary główne statku:  $L = \dots\dots\dots$  [m];  $B = \dots\dots\dots$  [m];  $H = \dots\dots\dots$  [m]

1. Data próby przechyłów:  $\dots\dots\dots$   
Początek próby: godz.  $\dots\dots\dots$ , zakończenie: godz.  $\dots\dots\dots$
2. Miejsce próby przechyłów:  $\dots\dots\dots$  Głębokość akwenu:  $\dots\dots\dots$  [m]
3. Stan pogody:  $\dots\dots\dots$  Prędkość i kierunek wiatru:  $\dots\dots\dots$  [m/s]  
Stan wody (np. zmarszczki na wodzie, prąd itp.):  $\dots\dots\dots$   
Temperatura wody  $t = \dots\dots\dots$  [°C] Gęstość wody  $\rho = \dots\dots\dots$  [t/m<sup>3</sup>]  
Błąd określania gęstości wody  $\Delta\rho = \dots\dots\dots$  [t/m<sup>3</sup>]
4. Skład zespołu przeprowadzającego próbę i odpowiadającego za dokładność jej wyniku:  
Przewodniczący:  $\dots\dots\dots$   
Członkowie:  $\dots\dots\dots$   
Próba została przeprowadzona w obecności inspektora PRS:  $\dots\dots\dots$
5. Obserwatorzy przy pionach:  $\dots\dots\dots$
6. Inne uwagi (np. położenie statku, wstępny kąt przechyłu, sposób przechylenia statku itp.):  $\dots\dots\dots$

7. Zanurzenie statku w czasie próby w stosunku do płaszczyzny podstawowej .....  
 Zanurzenie statku, pomierzone z łódki na obydwu burtach na znakach zanurzenia, sprawdzone przez pomiar wolnej burty i poprawione ze względu na różnice usytuowania znaków zanurzenia i pionów teoretycznych dziobowego i rufowego oraz na położenie płaszczyzny podstawowej:

– na pionie dziobowym:  $T_d = \dots\dots\dots$  [m];

– na owrężu:  $T_{\otimes} = \dots\dots\dots$  [m];

– na pionie rufowym  $T_r = \dots\dots\dots$  [m].

Błąd pomiaru zanurzenia na skutek stanu powierzchni wody  $\Delta T = \dots\dots\dots$  [m]

**Uwaga:** Zaleca się uzupełnić protokół o specjalny załącznik zawierający wszystkie pośrednie pomiary zanurzenia.

8. Krótka charakterystyka stanu załadowania statku: .....

9. Masy przechyłowe

Jako masy przechyłowe zastosowano: .....

Przed próbą masy przechyłowe zważono, oznaczono, rozdzielono na 4 grupy i ułożono na pokładzie w następujący sposób:

**Tabela 1**

Nr grupy	Położenie środka masy grupy wzdłuż	Masa [t]	Ramię przeniesienia [m]	Wznios środka masy grupy nad płaszczyznę podstawową [m]
I				
II				
III				
IV				

Błąd ważenia każdej grupy mas przechyłowych  $\Delta P = \pm \dots\dots\dots$  [kg]

10. Kolejność przenoszenia mas przechyłowych:

**Tabela 2**

Nr pomiaru	Nr grupy mas przechyłowych		Ramiona przeniesienia [m]
	Lewa burta	Prawa burta	
1	I, II	III, IV	
2	II	I, III, IV	+
3	–	I, II, III, IV	+
4	II	I, III, IV	–
5	I, II	III, IV	–
6	I, II, III	IV	–
7	I, II, III, IV	–	–
8	I, II, III	IV	+
9	I, II	III, IV	+

Błąd określenia ramion przeniesienia  $\Delta e_i = \pm \dots\dots\dots$  [m].

**11. Rozmieszczenie pionów do pomiaru kątów przechyłu**

Liczba pionów: .....

Miejsca umieszczenia i długości pionów:

**Tabela 3**

Numery pionów	Miejsca umieszczenia	Długość, [mm]
1		
2		
3		

**12. Wskazania pionów**

**Tabela 4**

Lp.	Pion nr ..... Długość = ..... mm										Suma	Średnia $x_i$ [mm]
	Obserwator (nazwisko) .....											
	1		2		3		4		5			
	lewo	pravo	lewo	pravo	lewo	pravo	lewo	pravo	lewo	pravo		
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												

**13. Momenty bezwładności swobodnych powierzchni zapasów ciekłych przemieszczających się na statku w czasie próby:**

**Tabela 5**

Lp.	Określenie zbiornika	Położenie (numery wręgów)	Szerokość wolnej powierzchni $b_T$ , [m]	Długość wolnej powierzchni $c_T$ , [m]	Moment bezwładności wolnej powierzchni $i = \frac{c_T b_T^3}{12}$ , [m <sup>4</sup> ]	Gęstość ładunku ciekłego $\rho$ , [t/m <sup>3</sup> ]	Iloczyn $\rho i$ , [tm]
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
1							
2							

**14. Masy zbędne:**

**Tabela 6**

Lp.	Określenie masy	Rozmieszczenie masy (numery wręgów)	Masa, [t]	Ramiona, [m]		Momenty, [tm]	
				x od owrę- ża lub PR	z od pł. podst.	$M_x$	$M_z$
1							
2							
$\Sigma$							



15. Masy brakujące:

**Tabela 7**

Lp.	Określenie masy	Rozmieszczenie masy (numery wręgów)	Masa, [t]	Ramiona, [m]		Momenty, [tm]	
				x od owrę- ża lub PR	z od pł. podst.	$M_x$	$M_z$
1							
2							
$\Sigma$							

16. Podpisy: .....

**2.3 Przykład opracowania wyników próby przechyłów**

**OBLICZENIE WYPORNOŚCI I WSPÓLRZĘDNYCH ŚRODKA MASY STATKU NA PODSTAWIE WYNIKÓW PRÓBY PRZECHYŁÓW**

1. Obliczenie wyporności statku, współrzędnych środka masy i promienia metacentrycznego w warunkach przeprowadzania próby stateczności:

Objętość podwodzia statku i współrzędne środka wyporu określone na podstawie skali Bonjeana, rys.: .....

Moment bezwładności powierzchni wodnicy określony na podstawie rysunku linii teoretycznych nr .....

Dane do obliczeń:

1.1 Zanurzenie statku na pionach, odniesione do płaszczyzny podstawowej, w warunkach próby:

$$T_d = \dots\dots\dots \text{ m;}$$

$$T_r = \dots\dots\dots \text{ m;}$$

1.2 Odstęp wręgów teoretycznych:  $\Delta L = \dots\dots\dots \text{ m.}$

Objętość podwodzia statku bez uwzględnienia części wystających (patrz tabela 8):

$$V = \frac{2}{3} \cdot \Delta L \cdot \Sigma_1 = \dots\dots\dots \text{ m}^3;$$

Wyporność statku z uwzględnieniem części wystających:

$$D = 1,005 \rho V = \dots\dots\dots \text{ t}$$

Odcięta środka wyporu  $x_F$   $x_F = \Delta L \frac{\Sigma_2}{\Sigma_1} = \dots\dots\dots \text{ m;}$

Wysokość środka wyporu  $z_F$   $z_F = \frac{\Sigma_3}{\Sigma_1} = \dots\dots\dots \text{ m;}$

Promień metacentryczny (mały):  $r_B = \frac{2\Sigma_4}{3\Sigma_1} = \dots\dots\dots \text{ m.}$

\* Przy przegłębieniu statku mniejszym niż 0,005L wielkości te mogą być ustalone z krzywych hydrostatycznych. Przy przegłębieniu statku większym niż 0,005L wielkości te powinny być ustalone z krzywych hydrostatycznych obliczonych z uwzględnieniem przegłębienia.

**Tabela 8**  
 Obliczenie wyporności, położenia środka wyporu i promienia  
 metacentrycznego z uwzględnieniem przegłębienia

Nr wr.	Powierzchnia wrgów $\omega$ , [m <sup>2</sup> ]	Współcz. Simpsona	Iloczyn (2)×(3)	Mnożnik	Iloczyn (4)×(5)	Moment pow. $M_z$ [m <sup>3</sup> ]	Iloczyn (7)×(3)	Rzędna wodnicy $y$ , [m]	$y^3$ [m <sup>3</sup> ]	Iloczyn (10)×(3)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
0		.		.						
		.		.						
		.		.						
		.		2						
4		1		1						
5		2		0						
6		1		1						
.		.		2						
.		.		.						
10		.		.						
			$\Sigma_1$		$\Sigma_2$		$\Sigma_3$			$\Sigma_4$

2. Obliczenie momentów przechylających od przenoszonych mas przechyłowych oraz sumarycznego momentu przechylającego:

**Tabela 9**

Lp	Położenie mas przechyłowych		Masa przenoszonego balastu [t]	Ramię przenoszenia [m]	Moment przenoszenia [tm]	Moment przechylający [tm]	
	LB	PB				LB	PB
1.	I, II	III, IV					
2.	II	I, III, IV					
3.		I, II, III, IV					
4.	II	I, III, IV					
5.	I, II	III, IV					
6.	III, I, II	IV					
7.	IV, III, I, II						
8.	III, II, I	IV					
9.	I, II	III, IV					

3. Przy wykonaniu pomiarów inklinografem zamiast tabeli należy dołączyć inklinogram.

**Tabela 10**

Lp.	Pion nr 1 $L_1 =$ długość pionu				Pion nr 2 $L_2 =$ długość pionu				Pozycja (5) + Pozycja (9)	Średnie $tg_i \varphi = \frac{1}{2}(10)$
	Średnie wskazania pionu $x_{1i}$	Średnie wskaza- nie pionu z próby nr 1, 5 i 9	Odchylenia pionu $ a_{1i}  = x_{1i} - (3)$	$tg \varphi = \frac{ a_{1i} }{L_1}$	Średnie wskazania pionu $x_{2i}$	Średnie wskaza- nie pionu z próby nr 1, 5 i 9	Odchylenia pionu $ a_{2i}  = x_{2i} - (7)$	$tg \varphi = \frac{ a_{2i} }{L_2}$		
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										

4. Obliczenie średniej wysokości metacentrycznej  $GM_{sr}$  w warunkach próby:

**Tabela 11**

Lp.	Sumaryczny moment przechylający $M_i$ [tm]	Średni tg kąta przechyłu $\varphi$ , [rad]	$M_i \text{tg}_i \varphi$	$\text{tg}_i^2 \varphi$	$M_i \text{tg}_i \varphi$	$\frac{M_i}{D \cdot \text{tg} \varphi}$ $GM_i =$	$\overline{GM_i - GM_{sr}}$ $\varepsilon_i =$	$\varepsilon_i^2$
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
			$\Sigma(4)$	$\Sigma(5)$				$\Sigma(9)$

Średnia wysokość metacentryczna  $GM_{sr}$  w warunkach próby:

$$GM_{sr} = \frac{\Sigma(4)}{\Sigma(5)} \frac{1}{D} = \dots\dots\dots \text{ m};$$

5. Sumaryczny średniokwadratowy względny błąd próby,  $\varepsilon$ , oblicza się z zależności:

$$\varepsilon = \pm \sqrt{\varepsilon_{GM}^2 + \varepsilon_D^2} = \dots\dots\dots;$$

gdzie:

średniokwadratowy błąd względny  $\varepsilon_{GM}$  średniej arytmetycznej początkowej wysokości metacentrycznej:

$$\varepsilon_{GM} = \frac{1}{GM_{sr}} t_{0.95} \sqrt{\frac{\Sigma(GM_i - GM_{sr})^2}{n(n-1)}} = \dots\dots\dots;$$

a średniokwadratowy błąd określenia wyporności okrętu,  $\varepsilon_D$ , przy założeniu równomiernego rozkładu gęstości prawdopodobieństwa błędu:

$$\varepsilon_D = \frac{\rho \cdot g \cdot F \cdot \Delta T}{D \sqrt{3}} = \dots\dots\dots;$$

We wzorze na  $\varepsilon_D$ , błąd pomiaru zanurzeń  $\Delta T$ :

$$\Delta T = \dots\dots\dots \text{ m};$$

powierzchnia wodnicy  $F$ :

$$F = \dots\dots\dots \text{ m}^2;$$

Błąd bezwzględny próby jest równy:

$$\Delta GM = \pm \varepsilon GM_{sr} = \dots\dots\dots \text{ m};$$

6. Ustalenie obliczeniowej wielkości wysokości metacentrycznej  $GM_0$  statku w warunkach próby.

Poprawka na wpływ swobodnych powierzchni zapasów ciekłych  $\Delta GM_1$ , prze-mieszczających się na statku w czasie próby, w [m]:

$$\Delta GM_1 = \frac{\Sigma \rho \cdot i}{D} = \dots\dots\dots \text{ m}$$

$\rho$  – gęstość cieczy [t/m<sup>3</sup>];

$i$  – moment bezwładności swobodnej powierzchni cieczy, [m<sup>4</sup>];

Obliczeniowa wartość wysokości metacentrycznej  $GM_0$ , w [m]:

$$GM_0 = GM_{sr} - \Delta GM + \Delta GM_1 = \dots\dots\dots \text{ m}$$

$GM_{sr}$  – średnia wysokość metacentryczna w warunkach próby, [m];

$\Delta GM$  – błąd bezwzględny próby, [m];

$\Delta GM_1$  – poprawka do wysokości metacentrycznej na wpływ swobodnych powierzchni zapasów ciekłych, [m].

7. Obliczenie współrzędnych środka masy statku w warunkach próby.

Wysokość środka wyporu nad płaszczyzną podstawową, w [m]:

$$z_{F\psi} = \dots\dots\dots \text{ m}$$

Mały promień metacentryczny, w [m]:

$$r_{F\psi} = \dots\dots\dots \text{ m}$$

Zanurzenie statku względem płaszczyzny podstawowej na pionie dziobowym, w [m]:

$$T_d = \dots\dots\dots \text{ m}$$

Zanurzenie statku względem płaszczyzny podstawowej na pionie rufowym, w [m]:

$$T_r = \dots\dots\dots \text{ m}$$

Kąt przegłębienia statku,  $\psi$  :

$$\text{tg } \psi \cong \psi = \frac{T_d - T_r}{L} = \dots\dots\dots$$

Wysokość środka masy statku (od płaszczyzny podstawowej), w [m]:

$$z_G = z_{F\psi} + (r_{B\psi} - GM_0) \cos \psi = \dots\dots\dots \text{ m}$$

Odcięta środka masy (od owręża), w [m]:

$$x_G = x_{F\psi} - (r_{B\psi} - GM_0) \sin \psi = \dots\dots\dots \text{ m}$$

8. Obliczenie wyporności i współrzędnych środka masy statku pustego:

**Tabela 12**

Lp.	Wyszczególnienie	Masa, [t]	Ramiona, [m]		Momenty, [tm]	
			$x$ od owręza lub $PR$	$z$ od pł. podst. $PP$	$M_x$	$M_z$
1	Statek w warunkach próby					
2	Masy brakujące					
3	Masy zbędne					
	$\Sigma$					

9. Wynik próby przechyłów

Wyporność statku pustego  $D = \dots\dots\dots$  t

Wysokość środka masy statku pustego  $z_G = \dots\dots\dots$  m (od płaszczyzny podstawowej  $PP$ ).

Odcięta środka masy statku pustego  $x_G = \dots\dots\dots$  m (od płaszczyzny owręza lub  $PR$ ).

Podpisy:

.....

**3 OKREŚLANIE OKRESU POPRZECZNEGO KOŁYSANIA STATKU**

Określanie okresu poprzecznego kołysania statku,  $T_\phi$ , zaleca się wykonywać przy każdej próbie przechyłów.

Podstawowym środkiem do określania okresu kołysania jest zapis wygasających kołysań statku dokonywany za pomocą żyroskopowych przechyłomierzy lub inklinografów wyposażonych w podstawę czasową. W przypadku braku tych przyrządów, czas kołysań można mierzyć sekundomierzami. Liczba sekundomierzy nie powinna być mniejsza niż 3.

Statek należy rozkołysać przy pomocy załogi przebiegającej z burty na burtę lub też przez gwałtowne postawienie masy na burcie.

Za okres kołysania (w sekundach) należy przyjąć średnią arytmetyczną z możliwie dużej liczby prób kołysań statku.

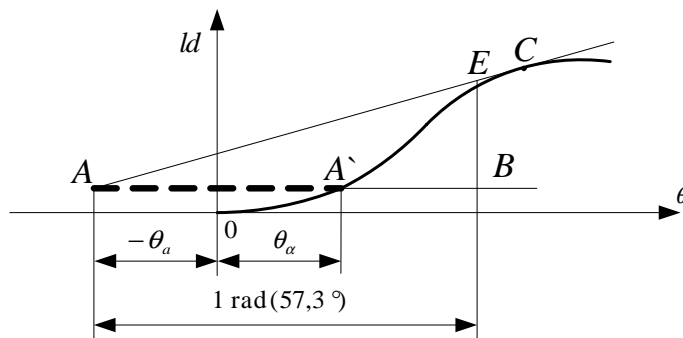
Przy określaniu okresu kołysania zaleca się odsunąć statek od brzegu lub postawić go prostopadle do niego, w miarę możliwości na głębokiej wodzie i w pewnej odległości od innych statków.

## 4 OKREŚLENIE MOMENTU WYWRACAJĄCEGO

### 4.1 Statki towarowe i rybackie

Moment wywracający,  $M_{kr}$ , uwzględniający kołysanie poprzeczne, można określić za pomocą wykresu stateczności dynamicznej lub statycznej. Przy określaniu momentu wywracającego mogą wystąpić następujące dwa przypadki:

- .1 Wykresy stateczności statycznej i dynamicznej są standardowe lub też wykres stateczności statycznej ma uskok, a stateczności dynamicznej – załamanie. W obu tych przypadkach moment wywracający należy określać w następujący sposób:
- .1.1 Jeżeli moment wywracający określany jest w oparciu o wykres stateczności dynamicznej, to na wykresie tym należy wstępnie ustalić pomocniczy punkt  $A$ . W tym celu w prawo od początku układu należy odłożyć kąt amplitudy kołysania  $\theta_a$ ; przecięcie linii prostej, poprowadzonej przez ten punkt równoległe do osi rzędnych, z wykresem stateczności dynamicznej daje punkt  $A'$  (patrz rys. 4.1-1). Przez punkt  $A'$  należy poprowadzić linię prostą, równoległą do osi odciętych i odłożyć na niej, w lewo od punktu  $A'$ , odcinek  $AA'$ , odpowiadający podwójnej amplitudzie kołysania poprzecznego. Punkt  $A$  położony symetrycznie do punktu  $A'$  przyjmuje się jako punkt wyjściowy. Z punktu  $A$  należy poprowadzić styczną do krzywej stateczności dynamicznej i prostą równoległą do osi odciętych, na której należy odłożyć odcinek  $AB$ , równy jednemu radianowi ( $57,3^\circ$ ). Z punktu  $B$  należy wystawić rzędną  $BE$  do przecięcia ze styczną  $AC$  w punkcie  $E$ .

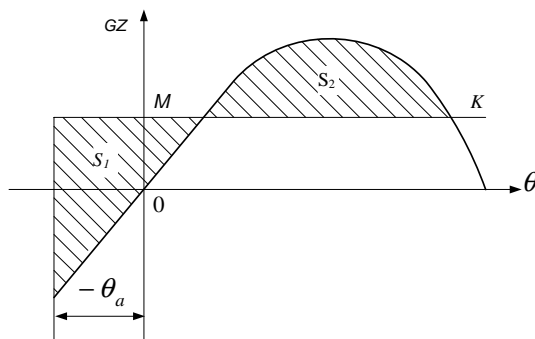


Rys. 4.1-1 Określenie ramienia momentu wywracającego z wykresu stateczności dynamicznej

Jeśli wykres stateczności dynamicznej wykonano w skali pracy, to odcinek  $BE$  odpowiada w skali momentowi wywracającemu, a jeśli wykres stateczności dynamicznej wykonano w skali ramion, to – ramieniu momentu wywracającego. W tym ostatnim przypadku, w celu otrzymania momentu wywracającego  $M_{kr}$  – wartość odcinka  $BE$  (w metrach) należy pomnożyć przez wyporność statku  $D$ :

$$M_{kr} = 9,81D \overline{BE}, \quad [\text{kNm}] \quad (4.1-1)$$

- .1.2** Posługując się wykresem stateczności statycznej można ustalić moment wywracający z warunku równoległości prac momentów wywracającego i prostującego z uwzględnieniem energii kołysania poprzecznego. W tym celu wykres stateczności statycznej należy przedłużyć na obszar ujemnych odciętych aż do kąta odpowiadającego amplitudzie kołysania  $-\theta_a$  i poprowadzić prostą  $MK$  równoległą do osi odciętych w taki sposób, aby powierzchnie  $S_1$  i  $S_2$  (patrz rys. 4.1-2) były sobie równe.



Rys. 4.1-2 Określenie ramienia momentu wywracającego z wykresu stateczności statycznej

Rzędna  $\overline{OM}$  będzie odpowiadać momentowi wywracającemu, jeśli na osi rzędnych odłożono ramiona stateczności statycznej. W tym ostatnim przypadku w celu otrzymania momentu wywracającego należy rzędną  $\overline{OM}$  (w metrach) pomnożyć przez wyporność  $D$ :

$$M_{kr} = 9,81D \overline{OM}, \quad [\text{kNm}] \quad (4.1-2)$$

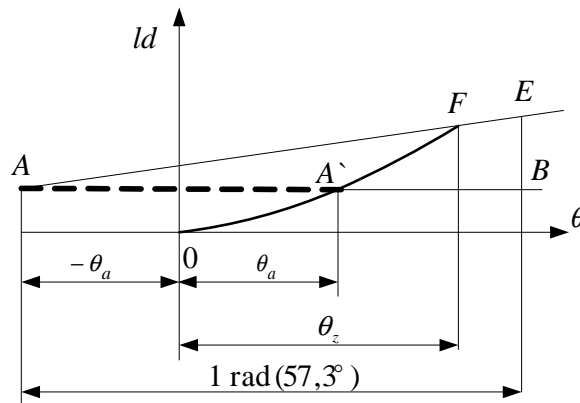
- .2** Wykresy stateczności statycznej i dynamicznej urywają się przy kącie zalewania. W tym przypadku moment wywracający można określić jednym z następujących sposobów:

- .2.1** Posługując się wykresami stateczności dynamicznej, ustalenie momentu wywracającego należy przeprowadzić następująco:

Sposobem wskazanym w 4.1.1.1 ustala się punkt  $A$  (patrz rys. 4.1-3). Z punktu  $A$  należy poprowadzić styczną do wykresu stateczności dynamicznej, co jest możliwe tylko w tym przypadku, gdy kąt przechyłu, odpowiadający punktowi styczności, jest mniejszy od kąta zalewania.

Określenie momentu wywracającego lub jego ramienia przeprowadza się za pomocą stycznej, tak jak w przypadku opisanym w 4.1.1.



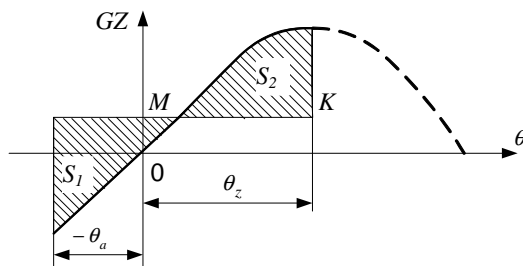


Rys. 4.1-3 Określenie ramienia momentu wywracającego z wykresu stateczności dynamicznej z uwzględnieniem kąta zalewania

Jeżeli stycznej nie można przeprowadzić, to z punktu  $A$  należy poprowadzić prostą przechodzącą przez odpowiadający kątowi zalewania punkt  $F$  wykresu stateczności dynamicznej. Z punktu  $A$  należy poprowadzić prostą równoległą do osi odciętych, na której należy odłożyć odcinek  $AB$  równy jednemu radianowi. Przez punkt  $B$  należy poprowadzić prostą prostopadłą do osi odciętych, a punkt jej przecięcia z prostą  $AF$  oznaczyć jako  $E$ . Odcinek  $BE$  odpowiada szukanemu momentowi wywracającemu, jeżeli na osi rzędnych wykresu stateczności dynamicznej odłożono pracę, lub ramieniu momentu wywracającego, jeśli na osi rzędnych odłożono ramiona stateczności dynamicznej. W tym ostatnim przypadku moment wywracający znajduje się ze wzoru 4.1-1.

**2.2** Posługując się wykresem stateczności statycznej, ustalenie momentu wywracającego dla kąta zalewania  $\theta_z$  należy przeprowadzić następująco:

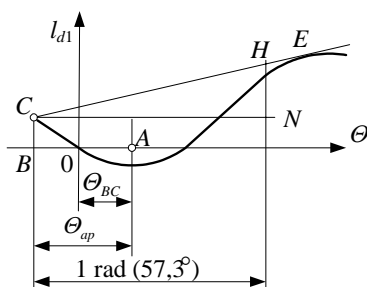
Wykres stateczności statycznej należy przedłużyć na zakres ujemnych wartości osi odciętych o odcinek równy amplitudzie kołysania poprzecznego  $-\theta_a$  (patrz rys.4.1-4), następnie należy poprowadzić równoległe do osi odciętych prostą  $MK$  w taki sposób, aby zakresowane powierzchnie  $S_1$  i  $S_2$  były sobie równe. Rzędna  $OM$  będzie odpowiadać szukanemu momentowi wywracającemu  $M_{kr}$  lub jego ramieniu, w zależności od sposobu wykonania wykresu. W tym ostatnim przypadku moment wywracający określa się według wzoru 4.1-2.



Rys. 4.1-4 Określenie ramienia momentu wywracającego z wykresu stateczności statycznej z uwzględnieniem kąta zalewania

## 4.2 Statki taboru pogłębiarskiego

W celu określenia momentu wywracającego należy wykreślić krzywą stateczności dynamicznej statku w stanie po zrzuceniu urobku, przedłużoną na ujemny zakres osi odciętych. Z punktu A, odpowiadającego minimalnemu ramieniu wykresu (i kątowi przechyłu  $\Theta_{BC}$ ), należy odłożyć w lewo na osi odciętych odcinek równy amplitudzie kołysania poprzecznego  $\Theta_{ap}$  (patrz rys. 4.2-1). Przy uwzględnieniu tylko statycznego działania zrzucania urobku (przy gęstości urobku w ładowni mniejszej od  $1,3 \text{ t/m}^3$ ) amplitudę kołysania  $\Theta_{ap}$  należy przyjmować jako równą  $10^\circ$ . Natomiast przy uwzględnieniu dynamicznego charakteru zrzucania urobku amplitudę kołysania należy przyjmować jako równą sumie  $10^\circ$  i największej amplitudzie kołysania statku  $\Theta_{ap}$ . Na wykresie oznacza się odpowiadający B punkt C, z którym należy poprowadzić styczną CE do prawego odgałęzienia krzywej.



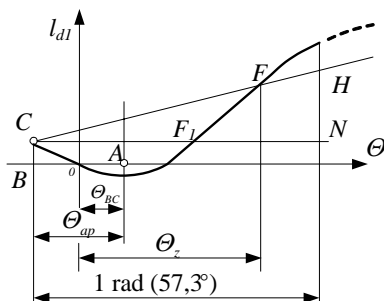
Rys. 4.2-1 Określenie ramienia momentu wywracającego pogłębiarek

Z punktu C, równoległe do osi odciętych, należy odłożyć odcinek  $\overline{CN}$ , równy jednemu radianowi. Z punktu N należy wystawić rzędną aż do przecięcia ze styczną w punkcie H. Odcinek  $\overline{NH}$  równy jest ramieniu momentu wywracającego.

Moment wywracający określa się ze wzoru:

$$M_{kr} = 9,81D \overline{NH}, \quad [\text{kNm}] \quad (4.2-1)$$

Jeżeli okaże się, że kąt zalewania  $\Theta_z$  jest mniejszy od kąta przechyłu odpowiadającego punktowi  $E$  na wykresie (patrz rys. 4.2-1), to z punktu  $C$  należy poprowadzić sieczną  $CF$  do prawego odgałęzienia krzywej, jak pokazano na rys. 4.2-2. Ramię momentu wywracającego stanowi w tym przypadku odcinek  $\overline{NH}$ . Jeżeli okaże się, że odpowiadający kątowi zalewania punkt  $F$  na wykresie (patrz rys. 4.2-2) leży poniżej punktu  $F_1$  przecięcia wykresu z prostą  $CN$ , to stateczność statku uważa się za niedostateczną.



Rys. 4.2-2 Określenie ramienia momentu wywracającego pogłębiarek z uwzględnieniem kąta zalewania  $\Theta_z$

Jeśli nie ma wykresu stateczności dynamicznej, to minimalny moment wywracający można ustalić na podstawie wykresu stateczności statycznej (rys. 4.1-2), analogicznie do 4.1.1, z uwzględnieniem początkowego przechyłu statycznego.

### 4.3 Żurawie pływające

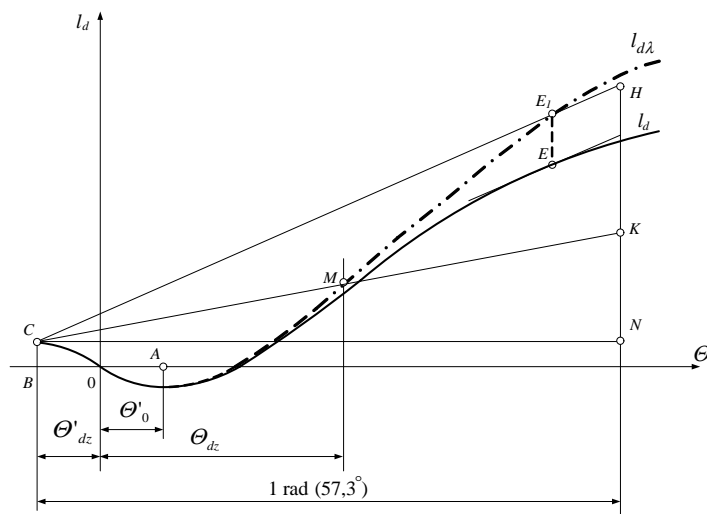
#### 4.3.1 Określenie momentu wywracającego i kąta przechyłu dynamicznego w stanie roboczym przy zerwaniu się ładunku

W celu określenia momentu wywracającego i kąta przechyłu dynamicznego po zerwaniu się ładunku należy wykonać wykres stateczności dynamicznej dla danego stanu załadowania, lecz bez ciężaru na haku. Jeżeli środek ciężkości żurawia pływającego po zerwaniu się ładunku nie leży w płaszczyźnie symetrii, to wykres należy sporządzić z uwzględnieniem kąta przechyłu  $\Theta_0'$  spowodowanego asymetrycznym obciążeniem (w tym również z powodu asymetrycznego rozmieszczenia ładunku na pokładzie). Wykres wykonuje się częściowo w obrębie kątów ujemnych. W lewo od początku układu należy odłożyć kąt przechyłu  $\Theta_{dz}'$  żurawia z obciążeniem na haku (rys.4.3-1), równy sumie amplitudy kołysania w stanie roboczym  $\Theta_a$  oraz kąta przechyłu statycznego przy podnoszeniu ładunku  $\Theta_0$ , zmniejszony o kąt przechyłu statycznego od naporu wiatru  $\Theta_s$  (patrz podrozdziały 4.1.6 i 4.1.8 z Części IV – Stateczność i niezatapialność). Na wykresie ustala się odpowiedni punkt  $C$ .

W prawo od początku układu powyżej wykresu należy poprowadzić krzywą ramion zredukowanych, której rzędną oblicza się ze wzoru:

$$l_{d\lambda} = l_d + \Delta l_\lambda, \quad [\text{m}] \quad (4.3.1-1)$$

$\Delta l_\lambda$  – poprawka uwzględniająca działanie sił tłumiących, ustalona zgodnie z 4.3.4.



Rys. 4.3-1 Określenie ramienia momentu wywracającego i dynamicznego kąta przechyłu po zerwaniu się ładunku

Z punktu  $C$  należy poprowadzić sieczną  $CE_1$  w taki sposób, aby punkt przecięcia  $E_1$  krzywej ramion zredukowanych znajdował się na jednej linii pionowej z punktem  $E$ , w którym prosta równoległa do siecznej zbiega się z wykresem. Z punktu  $C$ , równoległe do osi odciętych, należy odłożyć odcinek  $CN$ , równy jednemu radianowi ( $57,3^\circ$ ).

Z punktu  $N$  należy wystawić rzędną aż do przecięcia z sieczną w punkcie  $H$ . Odcinek  $NH$  równy jest ramieniu momentu wywracającego z uwzględnieniem sił tłumiących, który oblicza się ze wzoru:

$$\overline{NH} = 9,81D \overline{NH}, \quad [\text{kNm}] \quad (4.3.1-2)$$

Z punktu  $N$  należy odłożyć odcinek  $NK$  równy ramieniu momentu przechylającego od wiatru, obliczany ze wzoru:

$$\overline{NK} = \frac{M_w}{9,81D}, \quad [\text{m}] \quad (4.3.1-3)$$

Punkty  $C$  i  $K$  należy połączyć prostą, której punkt przecięcia  $M$  z krzywą ramion zredukowanych określa kąt dynamicznego przechyłu  $\theta_{dz}$  przy przechyle po zerwaniu się ładunku.

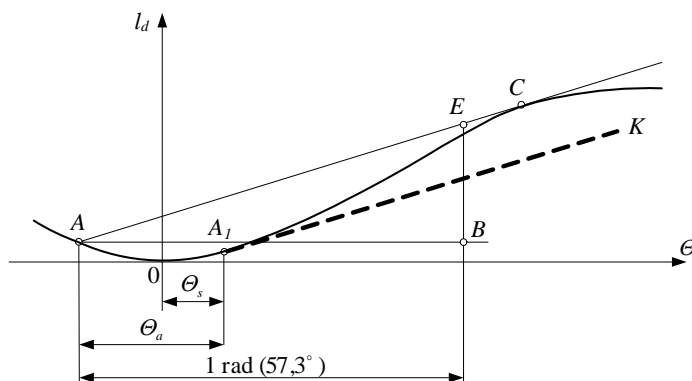
Stateczność można sprawdzać nie uwzględniając sił tłumiących – w takim przypadku nie wykonuje się wykresu krzywej ramion zredukowanych, a styczną należy poprowadzić do krzywej ramion stateczności dynamicznej.

Kąt przechyłu dynamicznego  $\theta_{dz}$  określa punkt przecięcia prostej  $CK$  z krzywą ramion stateczności dynamicznej.

### 4.3.2 Określenie momentu wywracającego podczas przejść – przeholowań morskich

Moment wywracający  $M_{kr}$  żurawia pływającego, z uwzględnieniem kołysania i działania wiatru, można określić zarówno na wykresie stateczności dynamicznej, jak i na wykresie stateczności statycznej, przy czym wykres taki powinien obejmować również zakres kątów ujemnych.

**4.3.2.1** Przy posługiwaniu się wykresem stateczności dynamicznej, położenie punktów wyjściowych  $A$  i  $A_1$  (rys. 4.3.2-1) należy określać w taki sposób, aby styczna  $AC$  była równoległa do półprostej  $A_1K$ , a różnica kątów przechyłu odpowiadających  $A_1$  i  $A$  równa była amplitudzie kołysania  $\Theta_a$ .



Rys. 4.3.2-1 Określenie na wykresie stateczności dynamicznej ramienia momentu wywracającego żurawia pływającego podczas przejść – przeholowań

Otrzymany w ten sposób kąt  $\Theta_s$  odpowiada kątowi przechyłu statycznego od dopuszczalnego naporu wiatru. Wartość kąta  $\Theta_s$  ustala się z równości pól  $S_1$  i  $S_2$  na wykresie stateczności statycznej (patrz rys.4.3.2-2).

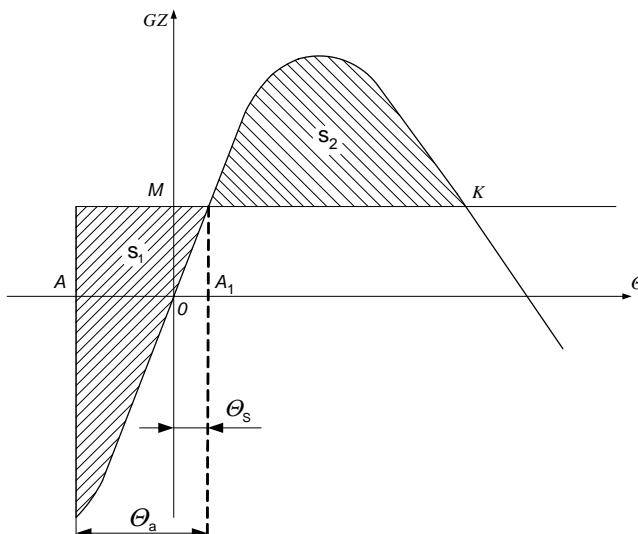
Odcinek  $\overline{BE}$  jest równy momentowi wywracającemu, jeżeli wykres został wykonany w skali momentów, lub równy ramieniu momentu wywracającego, jeśli wykres został wykonany w skali ramion.

W tym drugim przypadku moment wywracający należy obliczać wg wzoru:

$$M_{kr} = 9,81D \overline{BE}, \quad [\text{kNm}] \quad (4.3.2-1)$$

**4.3.2.2** Przy posługiwaniu się wykresem stateczności statycznej, moment wywracający można określić przyjmując warunek równości pomiędzy działaniem momentu wywracającego i momentu prostującego, z uwzględnieniem kołysania i kąta przechyłu statycznego od dopuszczalnego naporu wiatru (rys. 4.3.2-2). W tym celu wykres stateczności statycznej należy przedłużyć do zakresu kątów ujemnych – tak, aby prosta  $MK$ , równoległa do osi odciętych, oddzielała równe sobie zakreśkowane powierzchnie  $S_1$  i  $S_2$ , a różnica kątów odpowiadająca punktom  $A_1$  i  $A$  była równa amplitudzie kołysania  $\Theta_a$ .

Rzędna  $OM$  odpowiada szukanemu momentowi wywracającemu, jeżeli wykres został wykonany w skali momentów, lub jego ramieniu, jeżeli na osi rzędnych odłożone są ramiona stateczności.

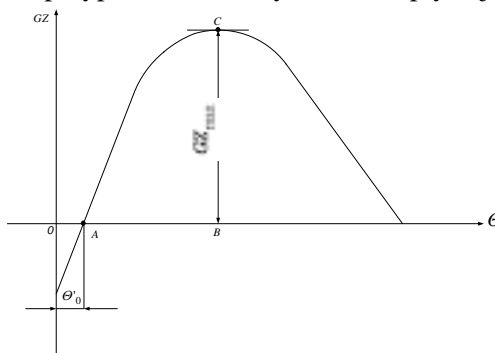


Rys. 4.3.2-2 Określenie na wykresie stateczności statycznej ramienia momentu wywracającego żurawia pływającego podczas przejść – przeholowań

**4.3.2.3** Jeżeli wykresy stateczności statycznej i dynamicznej urywają się przy kącie zalewania, to moment wywracający można określić sposobem wskazanym w 4.1.2, z uwzględnieniem przechyłu statycznego i amplitudy kołysania, zgodnie z 4.3.2.1 i 4.3.2.2.

### 4.3.3 Określenie maksymalnego momentu prostującego w stanie nieroboczym

Maksymalny moment prostujący należy określać posługując się wykresem stateczności statycznej (rys. 4.3-3) wykonanym dla nieroboczego stanu załadowania z uwzględnieniem wpływu swobodnych powierzchni oraz początkowego kąta przechyłu od obrotu żurawia w przypadku obrotowych żurawi pływających.



Rys. 4.3-3 Określenie maksymalnego ramienia momentu prostującego w stanie nieroboczym

Odcinek  $\overline{CB}$  jest równy maksymalnemu momentowi prostującemu, jeżeli wykres został wykonany w skali momentów, oraz równy jest ramieniu maksymalnego momentu prostującego  $GZ_{\max}$ , jeżeli wykres wykonano w skali ramion. W tym drugim przypadku maksymalny moment prostujący należy obliczać wg wzoru:

$$M_{\max} = 9,81D \cdot GZ_{\max}, \quad [\text{kNm}] \quad (4.3-3)$$

#### 4.3.4 Określenie poprawki na działanie sił tłumiących

Poprawkę  $\Delta l_\lambda$  uwzględniającą działanie sił tłumiących można obliczać wg wzoru:

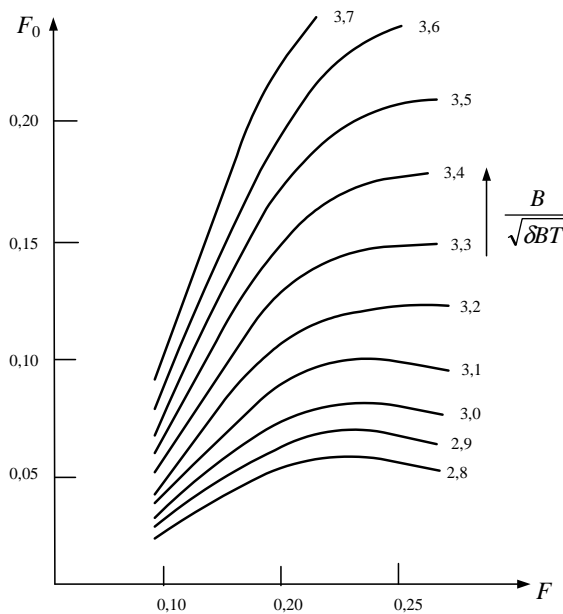
$$\Delta l_\lambda = l_\lambda \sqrt{\delta BT} \left( \frac{\Theta_p}{57,3} \right)^2 F_5, \quad [\text{m}] \quad (4.3.4-1)$$

$\Theta_p$  – wielkość kąta wychylenia mierzonego od kąta przechyłu początkowego w momencie zerwania się ładunku, stopnie;

$l_\lambda$  – mnożnik obliczany ze wzoru:

$$l_\lambda = F_0 \left( F_1 + \frac{z_G - T}{\sqrt{\delta BT}} F_2 \right) + \frac{z_G - T}{\sqrt{\delta BT}} F_3 + F_4 \quad (4.3.4-2)$$

$F_0$  – wielkość określana z rys. 4.3.4 w zależności od charakterystyki  $F$  i stosunku  $B/\sqrt{\delta BT}$ :



Rys. 4.3.4 Wykres do określania wielkości  $F_0$  w zależności od charakterystyki  $F$  i  $B/\sqrt{\delta BT}$

$F$  – wielkość obliczana ze wzoru:

$$F = n \frac{\sqrt{GM_0}}{B} \sqrt[4]{\delta BT} \quad (4.3.4-3)$$

$F_1, F_2, F_3, F_4$  – wielkości określone z tabeli 4.3.4-1 w zależności od stosunku  $B / \sqrt{\delta BT}$ :

**Tabela 4.3.4-1**  
Wartości  $F_1, F_2, F_3, F_4$

$B / \sqrt{\delta BT}$	2,8	2,9	3,0	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5	3,6	3,7
$F_1$	1,987	2,087	2,144	2,157	2,138	2,097	2,043	1,982	1,921	1,861
$F_2$	-3,435	-3,313	-3,097	-2,823	-2,525	-2,230	-1,955	-1,711	-1,497	-1,312
$F_3$	0,0725	0,0856	0,1007	0,1150	0,1273	0,1357	0,1417	0,1454	0,1474	0,1475
$F_4$	-0,021	-0,028	-0,037	-0,047	-0,057	-0,067	-0,076	-0,084	-0,091	-0,097

$F_5$  – wielkość określana z tabeli 4.3.4-2 w zależności od stosunku  $\frac{\Theta_d + \Theta'_{dz}}{\Theta_p}$

$\Theta_d$  – kąt wejścia pokładu do wody.

**Tabela 4.3.4-2**  
Wartości  $F_5$

$\frac{\Theta_d + \Theta'_{dz}}{\Theta_p}$	$\geq 1$	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2
$F_5$	1	1,053	1,138	1,253	1,374	1,500	1,626	1,747	1,862