

Polski Rejestr Statków

PRZEPISY

PUBLIKACJA NR 19/P

ANALIZA STREFOWEJ WYTRZYMAŁOŚCI KADŁUBA ZBIORNIKOWCA

2010

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



GDAŃSK

Polski Rejestr Statków

PRZEPISY

PUBLIKACJA NR 19/P

**ANALIZA STREFOWEJ WYTRZYMAŁOŚCI
KADŁUBA ZBIORNIKOWCA**

2010

GDĄŃSK

Publikacja Nr 19/P – Analiza strefowej wytrzymałości kadłuba zbiornikowca – 2010 stanowi rozszerzenie wymagań *Części II – Kadłub*, Przepisów klasyfikacji i budowy statków morskich.

Publikacja ta została zatwierdzona przez Zarząd PRS S.A. w dniu 9 listopada 2010 r. i wchodzi w życie z dniem 25 listopada 2010 r.

Niniejsza *Publikacja* zastępuje *Publikację Nr 19/P – Analiza strefowej wytrzymałości kadłuba zbiornikowca – 1995*.

© Copyright by Polski Rejestr Statków S.A., 2010

PRS/AW, 11/2010

ISBN 978-83-7664-140-9

SPIS TREŚCI

	str.
1 Postanowienia ogólne	5
1.1 Zastosowanie	5
1.2 Zasady ogólne.....	5
1.3 Określenia.....	6
2 Stany obciążenia	7
2.1 Obciążenia wymiarujące konstrukcję.....	7
2.2 Statek całkowicie załadowany, niektóre zbiorniki ładunkowe puste (SO1).....	7
2.3 Statek w pozycji wyprostowanej, załadowany częściowo (SO2).....	9
2.4 Statek przechylony, załadowany częściowo (SO3).....	11
2.5 Statek podczas załadunku albo wyładunku (SO4).....	12
2.6 Statek podczas załadunku albo wyładunku, zbiorniki wypełnione naprzemiennie (SO5).....	13
3 Modelowanie konstrukcji	14
4 Analiza naprężeń	14

1 POSTANOWIENIA OGÓLNE

1.1 Zastosowanie

W przypadku zbiornikowców olejowych o podwójnym kadłubie, o długości obliczeniowej $L_0 \geq 150$ m, należy stosować wymagania podane w *Publition No. 85/P – Requirements concerning the construction and strength of the hull and hull equipment of sea-going, double hull oil tankers of 150 m in length and above.*

Wymagania niniejszej *Publikacji* mają zastosowanie do analizy wytrzymałości strefowej kadłubów pozostałych zbiornikowców.

1.2 Zasady ogólne

1.2.1 Dla projektów zbiornikowców, których dokumentacja podlega zatwierdzeniu przez PRS, *Przepisy klasyfikacji i budowy statków morskich PRS* (zwane dalej *Przepisami*) wymagają przeprowadzenia analizy strefowej wytrzymałości konstrukcji kadłuba.

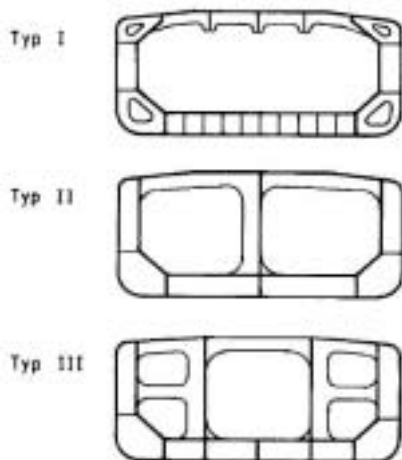
1.2.2 Przeprowadzenie analizy strefowej wytrzymałości konstrukcji kadłuba ma na celu wykazanie, że we wszystkich podanych w dalszym ciągu stanach obciążenia (SO) naprężenia w określonych przekrojach konstrukcji nie przekroczą wartości dopuszczalnych, podanych w *Przepisach*, w *Części II – Kadłub*.

1.2.3 Zadowolające wyniki analizy strefowej wytrzymałości konstrukcji kadłuba, przeprowadzonej zgodnie ze wskazaniami zawartymi w niniejszej *Publikacji* oraz spełnienie wymagań odnośnych rozdziałów *Części II – Kadłub* będą podstawą do zatwierdzenia przez PRS dokumentacji kadłubowej statku.

1.2.4 Analizę strefowej wytrzymałości konstrukcji kadłuba można przeprowadzać przy zastosowaniu metod obliczeniowych i programów komputerowych, w których uwzględniono wpływ odkształceń wywołanych zginaniem, ścinaniem, rozciąganiem i ściskaniem oraz skręcaniem.

1.2.5 Niniejsza *Publikacja* zawiera wskazania do przeprowadzania analizy naprężeń w wiązarach trzech podstawowych typów zbiornikowców o konstrukcji pokazanej na rys. 1.2.5.

Zbiornikowce o innej konstrukcji (np. zawierające międzypokłady lub platformy w części ładunkowej) podlegają odrębnemu rozpatrzeniu przez PRS.



Gródź w płaszczyźnie symetrii statku typu II może być szczelna albo przelewowa. W takim przypadku należy przyjąć obciążenia obliczeniowe jak dla statku typu I.

Rys. 1.2.5 Podstawowe typy konstrukcyjne zbiornikowców

1.2.6 Obciążenia obliczeniowe, które należy przyjmować przy analizie poszczególnych elementów konstrukcji mogą być wyznaczane na podstawie stanów obciążenia podanych w rozdziale 2.

Stany obciążenia SO1, SO2 i SO3 przyjęte są jako eksploatacyjne (występujące podczas podróży).

Stany obciążenia SO4 i SO5 są stanami występującymi w porcie.

Może być wymagane rozpatrzenie dodatkowych stanów obciążenia dla statków przewożących ładunki specjalne lub ze szczególnym rozkładem ładunku, jak również dla statków o nietypowym kształcie kadłuba.

1.2.7 Przy ustalaniu obciążeń konstrukcji (patrz rozdział 2) należy przyjmować gęstość ρ ropy naftowej lub produktów naftowych równą gęstości wody morskiej, tzn. $\rho = 1,025 \text{ t/m}^3$.

Konstrukcja zbiorników przeznaczonych do przewożenia cieczy innych niż podano wyżej, o gęstości $\rho > 1,025 \text{ t/m}^3$, podlega odrębnemu rozpatrzeniu przez PRS.

Standardowe i dodatkowe stany obciążenia nie muszą być w zasadzie uwzględniane w obliczeniach tych części konstrukcji, dla których inne stany w sposób oczywisty decydują o wymiarowaniu.

1.3 Określenia

1.3.1 Symbole nie wymienione w poniższym zestawieniu są podane i objaśnione przy odpowiednich wzorach.

L_0 – długość obliczeniowa statku, [m];

B – szerokość statku, [m];

H – wysokość boczna, [m];

T – zanurzenie, [m];

- T_m – minimalne projektowe zanurzenie statku, [m];
 g – przyspieszenie ziemskie; $g = 9,807$ [m/s²];
 h_a – obliczeniowa wysokość ciśnienia ładunku (balastu), [m], (pionowa odległość mierzona od punktu przyłożenia wypadkowej obciążenia do szczytu zbiornika);
 S_A – amplituda ruchu względnego punktów kadłuba względem powierzchni fali, [m];
 a_v – wypadkowe przyspieszenie pionowe, [m/s²];
 Φ_A – kąt przechyłu przy kołysaniu (amplituda), [radiany];
 ρ – współczynnik załadowania, [t/m³]; dla ładunku ropy naftowej, produktów naftowych i wody balastowej należy przyjmować $\rho = 1,025$;
 $p_0 = 25$ kPa, lecz nie mniej niż p_v ;
 p_v – ciśnienie, przy którym otwiera się zawór bezpieczeństwa, [kPa].

2 STANY OBCIĄŻENIA

2.1 Obciążenia wymiarujące konstrukcję

Wymagane jest sprawdzenie wytrzymałości strefowej konstrukcji dla najbardziej niekorzystnych realnych stanów załadowania statku, występujących w następujących sytuacjach:

- statek zanurzony do wartości T (całkowicie załadowany),
- statek załadowany częściowo, zanurzony do wartości T_m , w pozycji wyprostowanej i przechylonej,
- statek podczas operacji załadunku lub wyładunku (stany portowe).

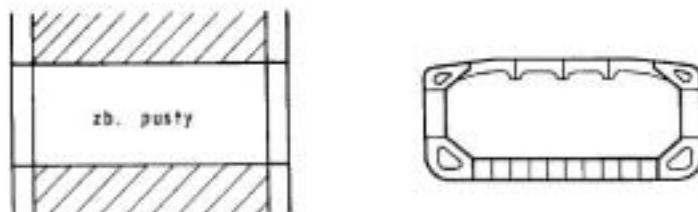
Szczegółowy opis obciążeń stosowanych w powyższych stanach podany jest w punktach 2.2 ÷ 2.6.

2.2 Statek całkowicie załadowany, niektóre zbiorniki ładunkowe puste (SO1)

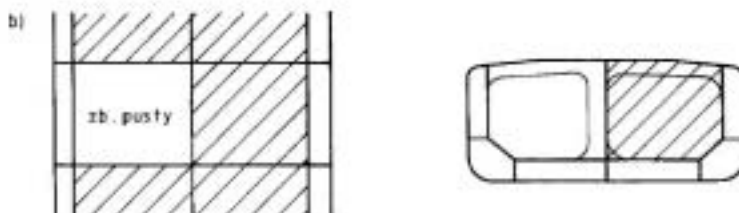
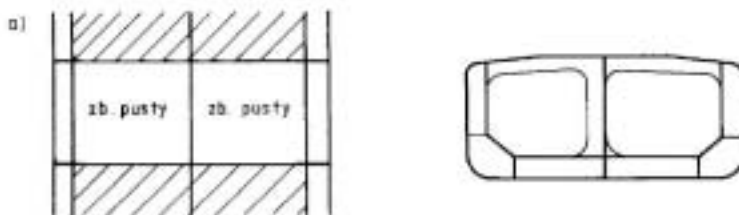
2.2.1 Stany załadowania, które należy uwzględnić w analizie wytrzymałości poszczególnych typów pokazano na rys. 2.2.1.

Mogą one decydować o wymiarach wiązarów grodzi wzdłużnych i poprzecznych, burt i dna w rejonach zbiorników pustych.

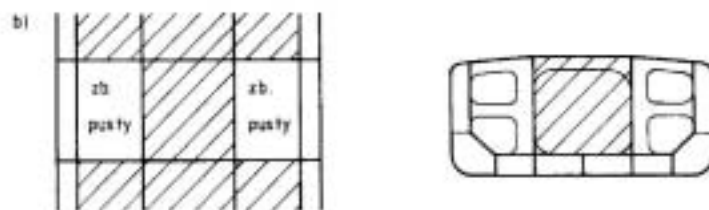
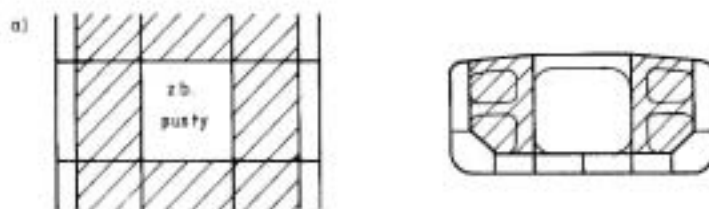
Typ 1



Typ II



Typ III



Rys. 2.2.1

2.2.2 Obliczeniowe ciśnienie wywołane działaniem morza należy ustalać dla pełnego zanurzenia T statku, z uwzględnieniem składowych dynamicznych, według wzorów podanych w *Części II – Kadłub*.

2.2.3 Obliczeniowe ciśnienia cieczy (ładunku) w zbiornikach ładunkowych należy ustalać według następującego wariantu wzorów podanych w *Części II – Kadłub*, dla zbiorników całkowicie wypełnionych.

$$p = \rho \cdot g \cdot h_a + p_o, \text{ [kPa]} \quad (2.2.3)$$

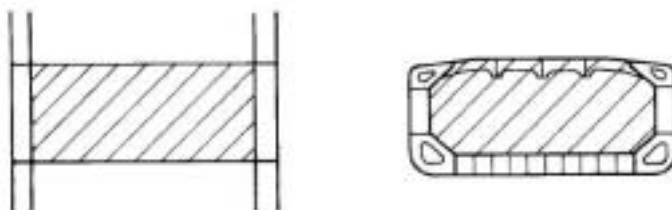
2.3 Statek w pozycji wyprostowanej, załadowany częściowo (SO2)

2.3.1 Stany załadowania dla poszczególnych typów statków: I, II i III, które należy uwzględnić w analizie wytrzymałości, pokazano na rys. 2.3.1.

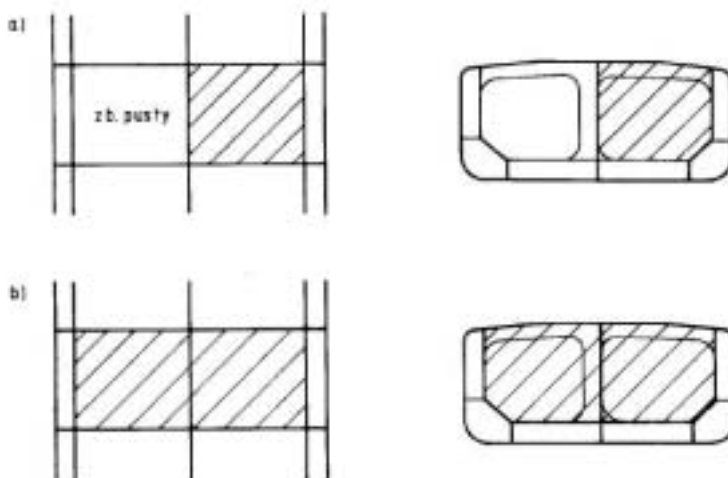
Zanurzenie statku należy przyjąć jako równe T_m .

Stany te mogą decydować o wymiarach wiązarów dna, grodzi wzdłużnych i poprzecznych oraz burty w rejonie zbiorników zapełnionych.

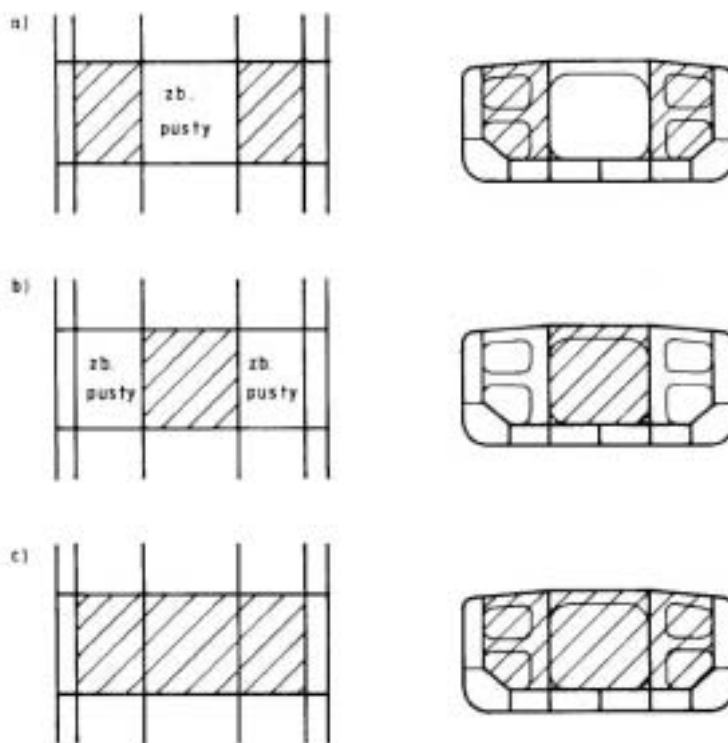
Typ I



Typ II



Typ III



Rys. 2.3.1

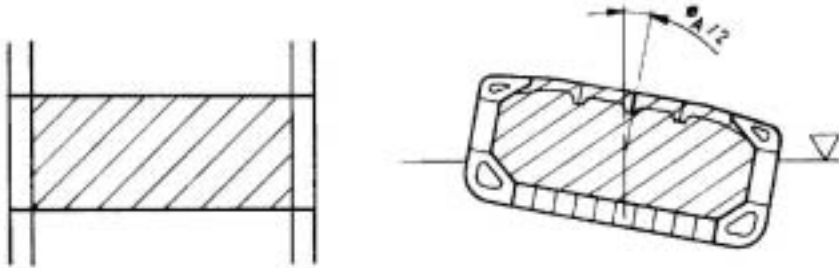
2.3.2 Obliczeniowe ciśnienia wywołane działaniem morza należy ustalać w następujący sposób:

- składowe dynamiczne ciśnienia działających na dno i burtę na poziomie wodnicy odpowiadającej zanurzeniu T_m należy ustalać według wzorów podanych w *Części II – Kadłub*, podstawiając do nich zanurzenie T statku;
- ciśnienia obliczeniowe na burcie, na poziomie pokładu górnego i na pokładzie górnym należy ustalać w sposób podany w a), podstawiając do wzorów na ciśnienia zanurzenie T_m zamiast T . Parametry S_A i a_v należy obliczyć dla zanurzenia T ;
- ustalając rozkład ciśnień obliczeniowych na obwodzie wręgu należy dodać do ciśnień wyznaczonych wg a) ciśnienia statyczne odpowiadające zanurzeniu T_m , a następnie zastosować interpolację liniową pomiędzy tak wyznaczonymi wartościami ciśnień i ciśnieniami określonymi wg b).

2.3.3 Obliczeniowe ciśnienie cieczy (ładunku) należy ustalać tak jak w stanach SO1, tzn. według punktu 2.2.3.

2.4 Statek przechylony, załadowany częściowo (SO3)

2.4.1 Stan załadowania statku obowiązujący dla wszystkich typów statków (I, II i III) pokazano na rysunku 2.4.1. Zanurzenie statku na wodzie spokojnej wynosi T_m .



Rys. 2.4.1

2.4.2 Obliczeniowe ciśnienia wywołane działaniem morza należy ustalać w następujący sposób:

a) na burcie wynurzonej

– ciśnienie przy oble należy obliczać wg wzoru:

$$p = 10T_m - 5 \cdot B \cdot \operatorname{tg} \frac{\Phi_A}{2} \quad (2.4.2-1)$$

– w odległości równej $T_m - 0,5 \cdot B \cdot \operatorname{tg} \frac{\Phi_A}{2}$ [m], nad płaszczyzną podstawową należy przyjmować $p = 0$;

b) na burcie zanurzonej

– ciśnienie przy oble należy obliczać wg wzoru:

$$p = 10T_m + 3,3 \cdot B \cdot \operatorname{tg} \frac{\Phi_A}{2}, \quad (2.4.2-2)$$

– w odległości równej $T_m + 0,33 \cdot B \cdot \operatorname{tg} \frac{\Phi_A}{2}$, [m], nad płaszczyzną podstawową należy przyjmować $p = 0$;

c) ciśnienia p zmieniają się liniowo pomiędzy wymienionymi wyżej punktami.

2.4.3 Obliczeniowe ciśnienia cieczy (ładunku) w zbiornikach ładunkowych należy ustalać wg wzoru:

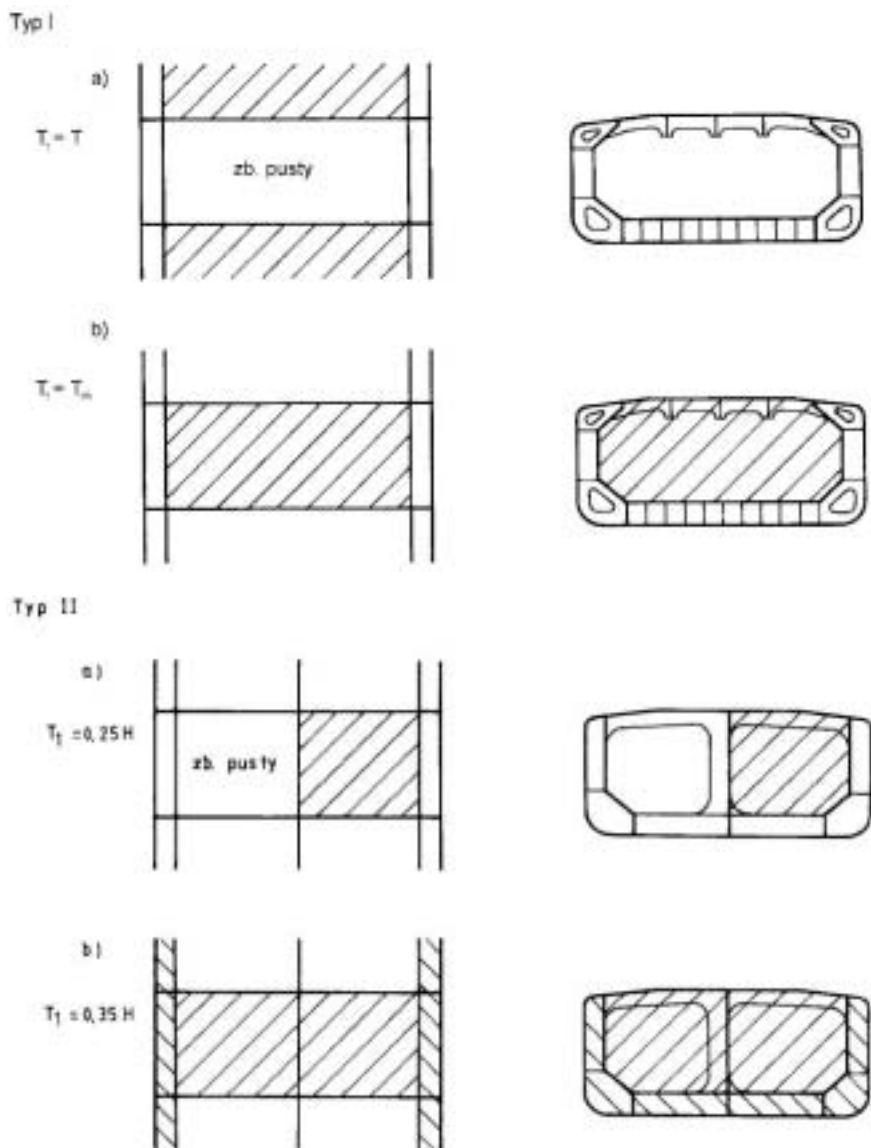
$$p = \rho \cdot g \cdot h_0, \quad [\text{kPa}] \quad (2.4.3-1)$$

gdzie h_0 oznacza odległość w pionie, [m], od wierzchołka zbiornika (uwzględniając zrębnicę łuku) do rozpatrywanego punktu konstrukcji dla statku przechylonego o kąt $\frac{1}{2} \Phi_A$.

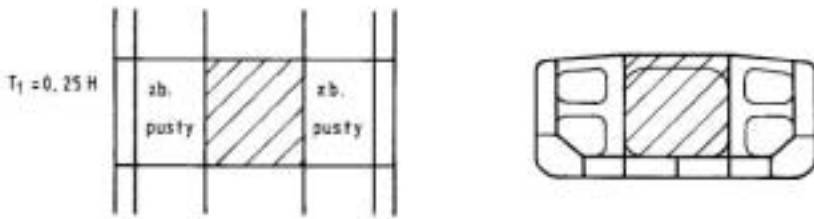
2.5 Statek podczas załadunku albo wyładunku (SO4)

2.5.1 Stany załadunku dla poszczególnych typów statków: I, II i III, które należy uwzględnić w analizie wytrzymałości pokazano na rys. 2.5.1.

Na rys. 2.5.1 podano również obowiązujące wartości zanurzeń T_1 , statku.



Typ III



Rys. 2.5.1

2.5.2 Obliczeniowe ciśnienie oddziaływania morza należy przyjmować jako ciśnienie statyczne, tzn. ciśnienie obliczane wg wzoru:

$$p = 10(T_1 - z), \text{ [kPa]} \quad (2.5.2)$$

ale nie mniej niż $p = 0$.

T_1 – podane na rys. 2.5.1 zanurzenie statku, [m],

z – odległość rozpatrywanego punktu od płaszczyzny podstawowej, [m].

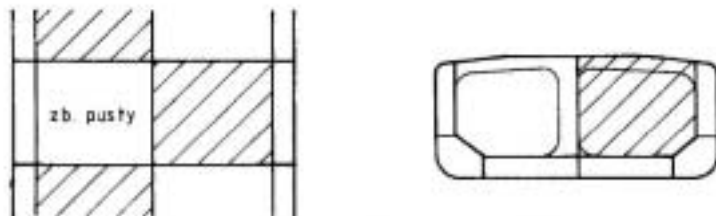
2.5.3 Obliczeniowe ciśnienie cieczy w zbiornikach ładunkowych i balastowych należy przyjmować jak w punkcie 2.2.3.

2.6 Statek podczas załadunku albo wyładunku, zbiorniki zapełnione naprzemiennie (SO5)

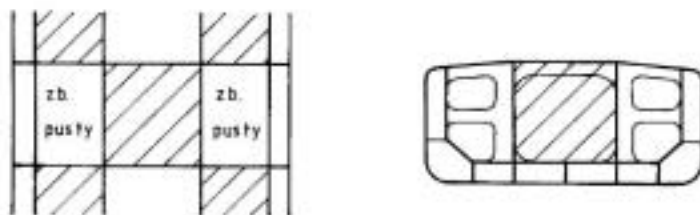
2.6.1 Stany załadowania, które należy rozpatrywać dla statków typu II i III przy analizie wytrzymałości grodzi poprzecznych pokazano na rys. 2.6.1.

Zanurzenie statku należy przyjmować równe $0,25H$.

Typ II



Typ III



Rys. 2.6.1

2.6.2 Obliczeniowe ciśnienie morza należy wyznaczać tak jak w punkcie 2.5.2.

2.6.3 Obliczeniowe ciśnienie cieczy w zbiornikach ładunkowych należy ustalać tak jak w punkcie 2.5.3.

3 MODELOWANIE KONSTRUKCJI

Zastosowana metoda analizy wytrzymałości strefowej powinna uwzględniać odkształcenia elementów konstrukcji wywołane zginaniem, ścinaniem, rozciąganiem i ściskaniem oraz skręcaniem.

Zalecane jest zastosowanie w analizie wytrzymałości strefowej idealizacji fragmentu konstrukcji kadłuba na długości co najmniej trzech przedziałów ładunkowych, w środkowej części kadłuba.

Wyniki takiej analiz uznaje się na ogół za obowiązujące w pozostałych rejonach kadłuba.

W obliczeniach należy zastosować model MES konstrukcji w formie ramy przestrzennej lub model powłokowo – prętowy.

Modele te powinny spełniać ogólne wymagania określone w rozdziale 14 z *Części II – Kadłub*.

4 ANALIZA NAPRĘŻEŃ

Należy zastosować wartości naprężeń dopuszczalnych określone w rozdziale 14 oraz kryteria stateczności elementów konstrukcji określone w rozdziale 13 z *Części II – Kadłub*.
