



**PRZEPISY**  
**PUBLIKACJA 19/P**

**ANALIZA STREFOWEJ WYTRZYMAŁOŚCI**  
**KADŁUBA ZBIORNIKOWCA**

listopad  
2010

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

GDAŃSK

*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

# SPIS TREŚCI

	Str.
<b>1 Postanowienia ogólne</b> .....	5
1.1 Zastosowanie.....	5
1.2 Zasady ogólne.....	5
1.3 Określenia.....	6
<b>2 Stany obciążenia</b> .....	6
2.1 Obciążenia wymiarujące konstrukcję .....	6
2.2 Statek całkowicie załadowany, niektóre zbiorniki ładunkowe puste (S01).....	7
2.3 Statek w pozycji wyprostowanej, załadowany częściowo (S02).....	8
2.4 Statek przechylony, załadowany częściowo (S03) .....	9
2.5 Statek podczas załadunku albo wyładunku (S04) .....	10
2.6 Statek podczas załadunku albo wyładunku, zbiorniki zapełnione naprzemiennie (S05) .....	12
<b>3 Modelowanie konstrukcji</b> .....	12
<b>4 Analiza naprężeń</b> .....	12



## 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 *Publication 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.

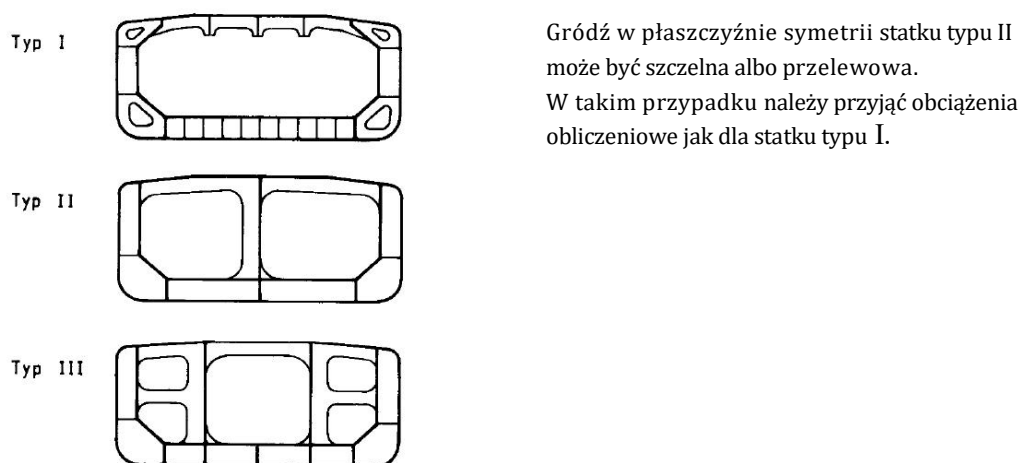
**1.2.2** Przeprowadzenie analizy strefowej wytrzymałości konstrukcji kadłuba ma na celu wykazanie, że we wszystkich podanych w dalszym ciągu stanach obciążenia (SO) naprężenia w określonych przekrojach konstrukcji nie przekroczą wartości dopuszczalnych, podanych w *Przepisach*, w *Części II – Kadłub*.

**1.2.3** Zadowolające wyniki analizy strefowej wytrzymałości konstrukcji kadłuba, przeprowadzonej zgodnie ze wskazaniem 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.



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  $\rho$  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;  $g = 9,807 \text{ [m/s}^2\text{]}$ ;

$h_a$  – 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,  $[\text{m/s}^2]$ ;

$\Phi_A$  – kąt przechyłu przy kołysaniu (amplituda), [radiany];

$\rho$  – współczynnik załadowania,  $[\text{t/m}^3]$ ; dla ładunku ropy naftowej, produktów naftowych i wody balastowej należy przyjmować  $\rho = 1,025$ ;

$p_0 = 25 \text{ kPa}$ , 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).

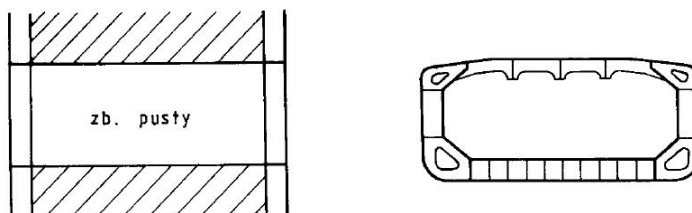
Szczegółowy opis obciążeń stosowanych w powyższych stanach podany jest w punktach 2.2 ÷ 2.6.

## 2.2 Statek całkowicie załadowany, niektóre zbiorniki ładunkowe puste (S01)

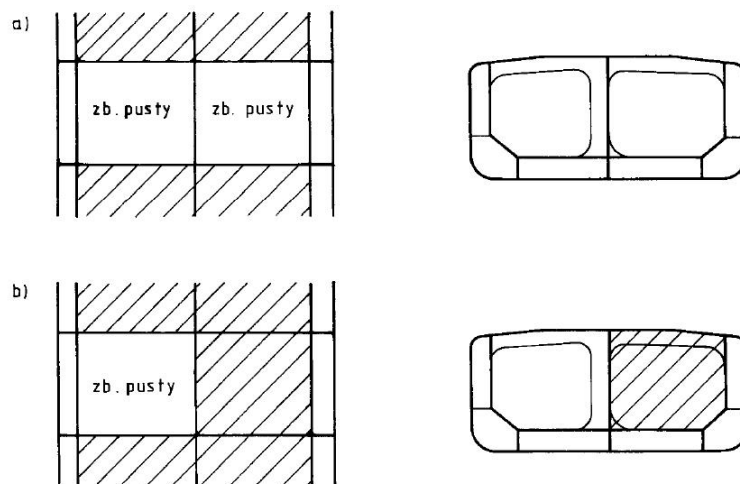
2.2.1 Stany załadowania, które należy uwzględnić w analizie wytrzymałości poszczególnych typów pokazano na rys. 2.2.1.

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

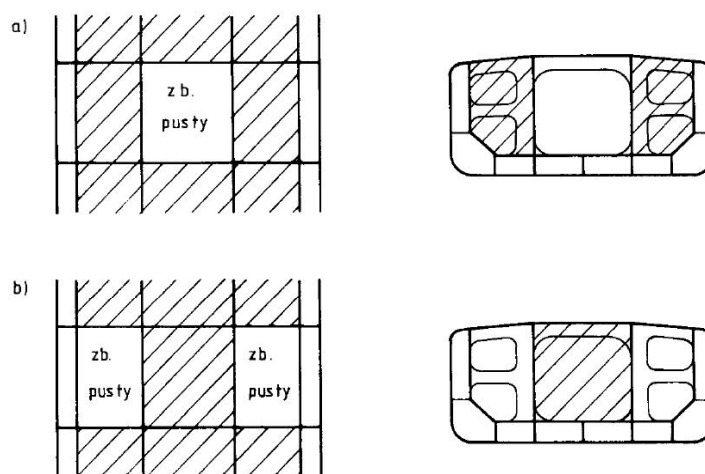
Typ I



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.

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

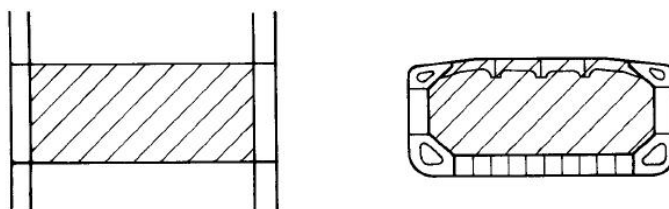
### 2.3 Statek w pozycji wyprostowanej, załadowany częściowo (S02)

**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.

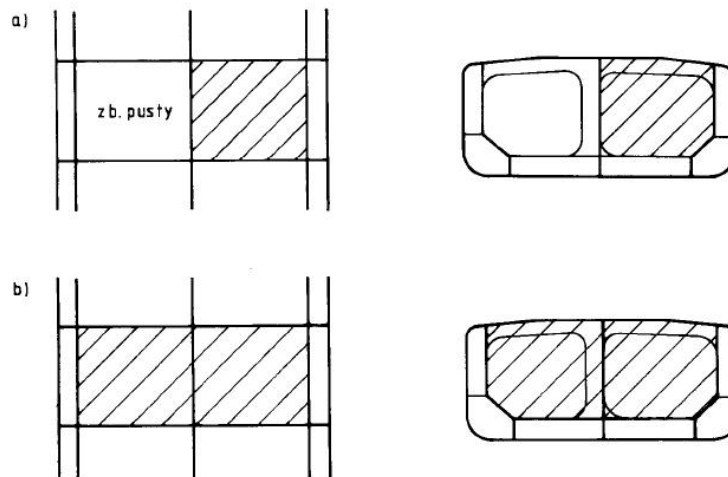
Zanurzenie statku należy przyjąć jako równe  $T_m$ .

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

Typ I

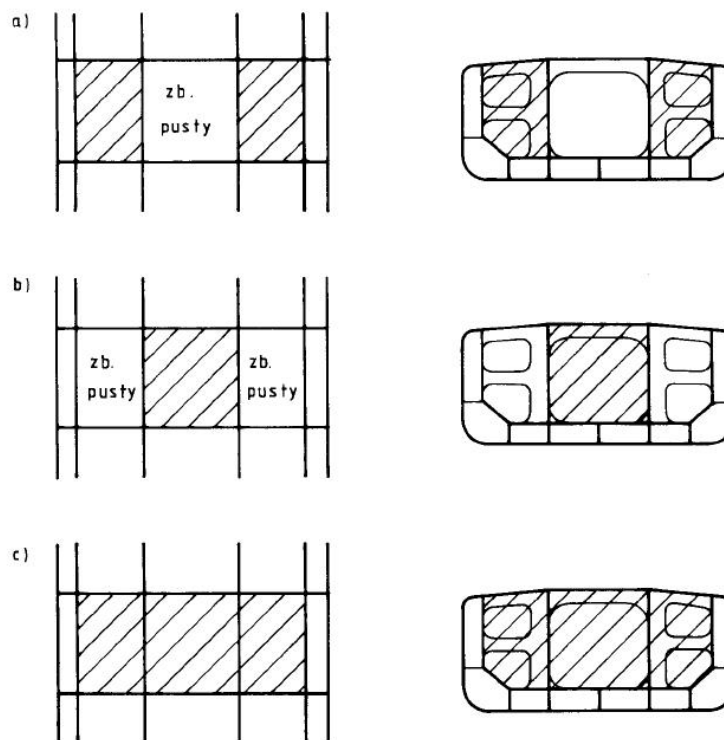


Typ II





Typ III



Rys. 2.3.1

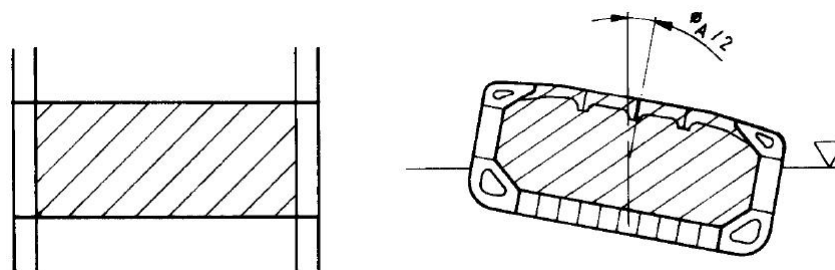
**2.3.2** Obliczeniowe ciśnienia wywołane działaniem morza należy ustalać w następujący sposób:

- 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 S01, tzn. według punktu 2.2.3.

## 2.4 Statek przechylony, załadowany częściowo (S03)

**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:

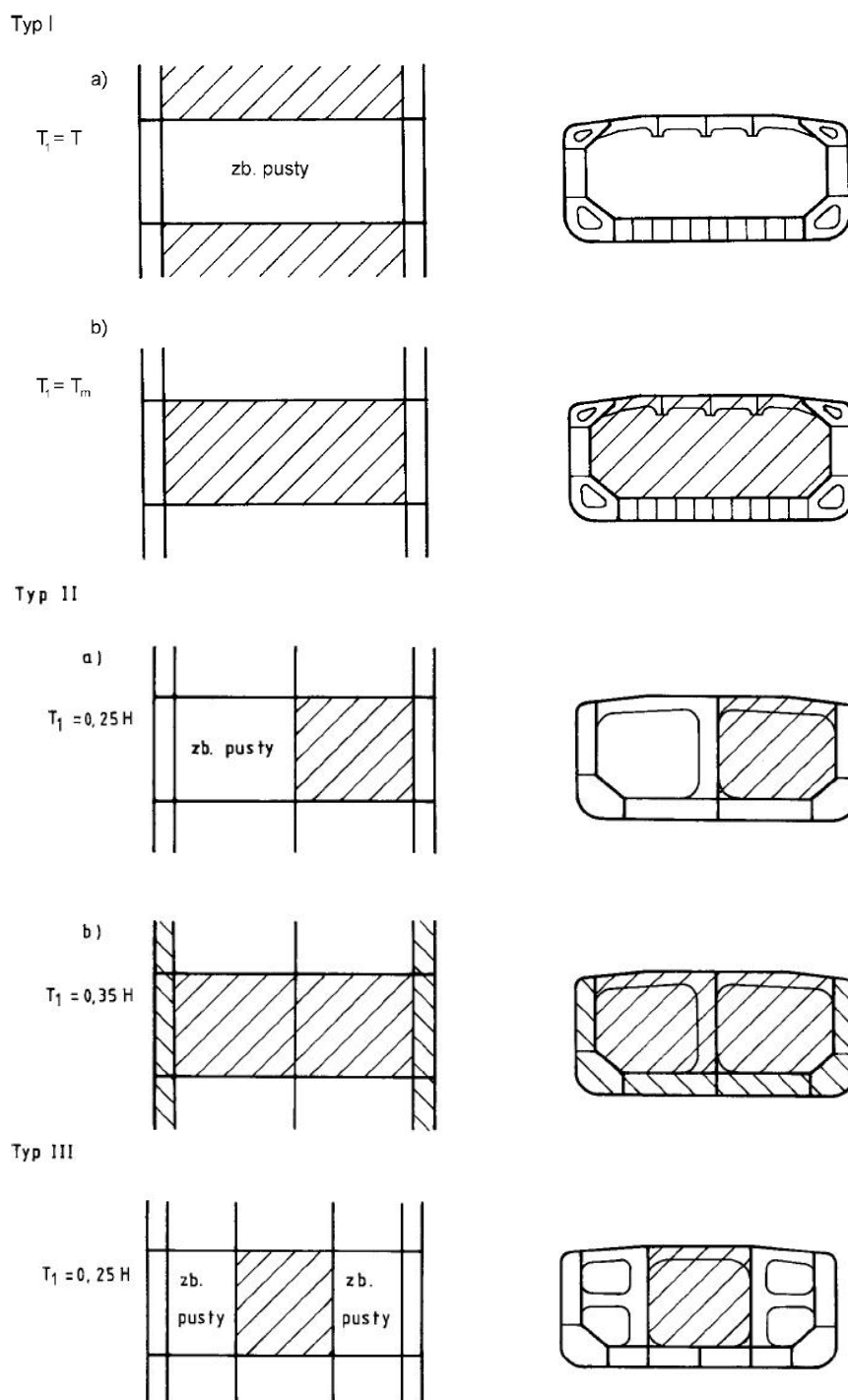
$$p = \rho \cdot g \cdot h_0 \text{ [kPa]} \quad (2.4.3-1)$$

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

## 2.5 Statek podczas załadunku albo wyładunku (S04)

**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.



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].

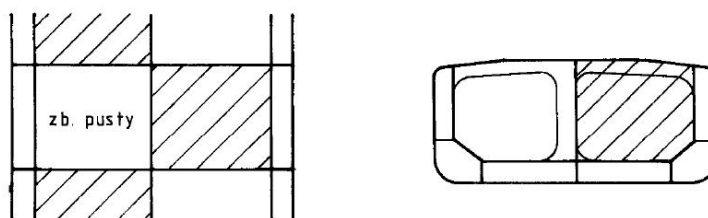
**2.5.3** Obliczeniowe ciśnienie cieczy w zbiornikach ładunkowych i balastowych należy przyjmować jak w punkcie 2.2.3.

## 2.6 Statek podczas załadunku albo wyładunku, zbiorniki wypełnione naprzemiennie (S05)

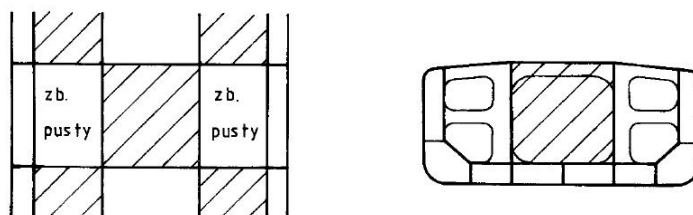
**2.6.1** Stany załadunku, które należy rozpatrywać dla statków typu II i III przy analizie wytrzymałości grodzi poprzecznych pokazano na rys. 2.6.1.

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.