

Polski Rejestr Statków

PRZEPISY

PUBLIKACJA NR 17/P

**ANALIZA STREFOWEJ WYTRZYMAŁOŚCI
KONSTRUKCJI KADŁUBA STATKU RO-RO**

1995

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



GDAŃSK

Publikacja PRS Nr 17/P „Analiza strefowej wytrzymałości kadłuba statku ro-ro” – 1995 stanowi rozszerzenie wymagań części II – „Kadłub” Przepisów klasyfikacji i budowy statków morskich – 1995.

Publikacja ta została zatwierdzona przez Dyrektora Naczelnego PRS w dniu 22 listopada 1995 r. Zarządzeniem nr 30 – P i wchodzi w życie z dniem 1 czerwca 1996 r.

Niniejsza Publikacja zastępuje publikację o tym samym numerze i tytule z 1986 r.

© Copyright by Polski Rejestr Statków, 1995

SPIS TREŚCI

	str.
1 Informacje ogólne	5
1.1 Wprowadzenie	5
1.2 Proces analizy konstrukcji	5
1.3 Określenia	7
2 Stany obciążeń	8
2.1 Stan pełnego załadowania, ładunek rozmieszczony w dolnej części przekroju poprzecznego, statek bez przechyłu (SO1)	8
2.2 Stan pełnego załadowania, ładunek rozmieszczony w dolnej części przekroju poprzecznego, statek przechylony (SO2).....	10
2.3 Stan pełnego załadowania, ładunek rozmieszczony w górnej części przekroju poprzecznego, statek bez przechyłu (SO3).....	11
2.4 Stan pełnego załadowania, ładunek rozmieszczony w górnej części przekroju poprzecznego, statek przechylony (SO4).....	12
2.5 Stan balastowy (SO5).....	13
2.6 Poprzeczne niesymetryczne obciążenie pokładu (SO6).....	13
2.7 Wzdłużne niesymetryczne obciążenie pokładu (SO7).....	14
2.8 Obciążenie pokładu siłami skupionymi (SO8).....	15
3 Modelowanie konstrukcji	15
3.1 Zasady ogólne	15
3.2 Ramy poprzeczne	15
3.3 Konstrukcja pokładu i dna	18
4 Analiza naprężeń	19
4.1 Zasady ogólne	19
4.2 Wytrzymałość połączeń narożnych	20

1 INFORMACJE OGÓLNE

1.1 Wprowadzenie

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

1.1.2 Przeprowadzenie analizy strefowej wytrzymałości konstrukcji kadłuba ma na celu wykazanie, że we wszystkich podanych niżej stanach obciążenia statku (SO), naprężenia w określonych przekrojach konstrukcji nie przekroczą wartości dopuszczalnych, podanych w Przepisach.

1.1.3 Zadowalające wyniki analizy strefowej wytrzymałości konstrukcji kadłuba, przeprowadzonej zgodnie ze wskazaniem zawartymi w niniejszej Publikacji oraz spełnienie wymagań odnośnych rozdziałów Przepisów będą podstawą do zatwierdzenia przez PRS nadzorczej dokumentacji kadłubowej statku.

1.1.4 Analiza strefowej wytrzymałości konstrukcji kadłuba obejmuje najczęściej fragmenty poszczególnych konstrukcji kadłuba (burt, dna, pokładów, grodzi) lub ich zespołów. Z reguły odnosi się ona do układów wiązarów tych konstrukcji, traktowanych jako prętowe układy płaskie lub przestrzenne.

W szczególnych przypadkach może być wymagane zastosowanie idealizacji konstrukcji przy pomocy elementów skończonych innych niż prętowe.

Niniejsza Publikacja odnosi się do idealizacji prętowej.

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

1.1.6 Niniejsza Publikacja zawiera wskazania do przeprowadzenia analizy naprężeń w poprzecznych przekrojach głównych wiązarów kadłuba statków typu ro-ro lub innych statków nie mających grodzi poprzecznych w rejonie ich części ładunkowej.

1.2 Proces analizy konstrukcji

1.2.1 Omówiona niżej metoda umożliwi wykonanie niezbędnych obliczeń dla konstrukcji przestrzennych przy zastosowaniu dwuwymiarowych modeli obliczeniowych (płaskie ramy i ruszty).

Na rys. 1.2.1 przedstawiono schemat procesu analizy strefowej wytrzymałości konstrukcji statku typu ro-ro z podporami podpierającymi pokłady, stojącymi bezpośrednio na dnie.

1.2.2 Obciążenia obliczeniowe dla poszczególnych elementów konstrukcyjnych mogą być określone na podstawie stanów obciążeń podanych w rozdziale 2. Uwzględnienie dodatkowych stanów obciążeń może okazać się konieczne w celu rozpatrzenia miejscowej wytrzymałości pokładów i dna podwójnego.

1.2.3 W przypadku stanów obciążeń SO1 – SO5 należy w zasadzie rozpatrywać całkowity poprzeczny przekrój kadłuba.

1.2.4 Jeżeli w płaszczyźnie symetrii statku zastosowano ciąg podpór, to w przypadku stanów niesymetrycznych obciążeń SO6 i SO7 należy przeprowadzić oddzielne analizy poszczególnych pokładów i dna.

Dla konstrukcji, których wzdłużna ciągłość obciążenia nie jest zakłócona przez zastosowanie podpór, mogą być stosowane proste metody, które uwzględniają modelowanie jedynie ram poprzecznych.

1.2.5 Jeżeli podpory są zamontowane w równych odstępach wzdłuż całej długości rejonu ładowni, to w uzupełnieniu analizy ram poprzecznych należy przeprowadzić analizę modeli (rusztów) pokładów i dna. Te dodatkowe obliczenia, prowadzone jako proces iteracyjny, służą do określania wzajemnego oddziaływania ram i rusztów. Proces iteracyjny należy prowadzić do momentu, w którym zachodzi zgodność sił i przemieszczeń w poprzecznych ramach i w rusztach pokładów i dna.

1.3 Określenia

1.3.1 Symbole nie wymienione poniżej są omówione przy poszczególnych wzorach.

L – długość statku, [m]	}	Szczegółowe określenia – patrz 1.2.1 części II – „Kadłub”.
B – szerokość statku, [m]		
H – wysokość boczna, [m]		
T – zanurzenie, [m]		
δ – współczynnik pełnotliwości kadłuba		
v – największa prędkość eksploatacyjna statku przy zanurzeniu T, [węzły]		
h_{dp} – wysokość dna podwójnego, [m]		
E – moduł sprężystości podłużnej (Younga), MPa (dla stali można przyjmować $E = 2,06 \cdot 10^5$ MPa)		
g = 9,80665 m/s ² – standardowe przyśpieszenie ziemskie		

C_W	współczynnik falowy	} Szczegółowe określenia – patrz rozdział 17 części II – „Kadłub”.
a_V	wypadkowe przyśpieszenie pionowe, [m/s ²]	
a_T	wypadkowe przyśpieszenie poprzeczne, [m/s ²]	
Φ_A	kąt przechyłu (amplituda kołysań), [radiany]	
Θ_A	kąt przegłębienia (amplituda kiwania), [radiany]	

1.3.2 Stosowane jednostki

W niniejszej Publikacji stosowane są jednostki Międzynarodowego Układu Jednostek Miar (SI) oraz niektóre jednostki spoza układu, dopuszczone przejściowo do użycia.

W ramach układu SI przyjęto następujące jednostki dla ważniejszych wielkości:

masa	– tona [t]
długość	– milimetr [mm], centymetr [cm] lub metr [m]
kąt	– radian [rad]
czas	– sekunda [s]
siła	– niuton [N] lub kiloniuton [kN]
ciśnienie	– kilopaskal [kPa]
naprężenie	– megapaskal [MPa]

Należy zwrócić uwagę na jednostki stosowane w programach komputerowych. Mogą one różnić się od wyżej wyszczególnionych.

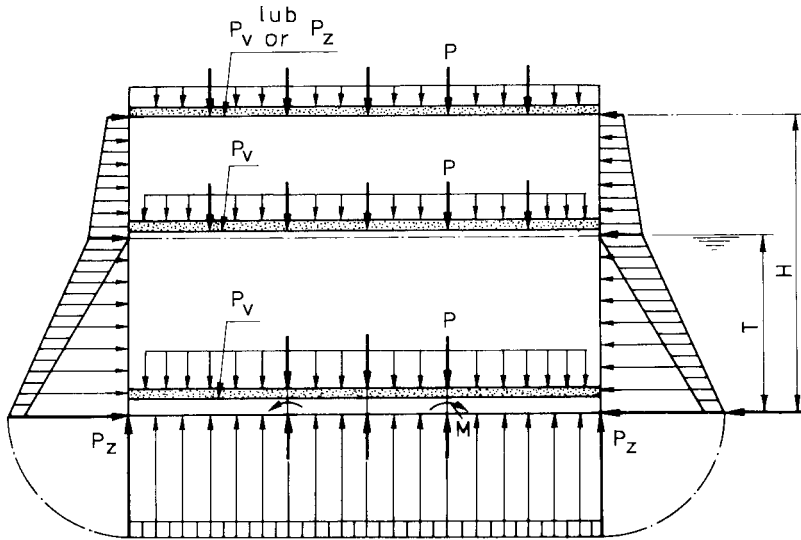
2 STANY OBCIĄŻEŃ

2.1 Stan pełnego załadowania, ładunek rozmieszczony w dolnej części przekroju poprzecznego, statek bez przechyłu (SO1)

2.1.1 Stan ten, pokazany na rys. 2.1.1, może decydować o wymaganej wytrzymałości dna podwójnego i niższych pokładów.




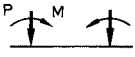
Należy zauważyć, że w tym stanie obciążenia wyższe pokłady są również obciążone.

Nie jest wymagane, by suma statycznych obciążeń ładunkiem w obrębie rozpatrywanego przekroju przekraczała wartość wyporu kadłuba w obrębie tego przekroju. Dlatego obciążenia wyższych pokładów nie muszą odpowiadać maksymalnym dopuszczalnym wartościom.



Rys. 2.1.1 Stan obciążenia SO1

Objaśnienia do rysunków :

- | | | | |
|---|--|---|---|
|  | <p>– obciążenie $q_0 (g + 0,5a_v)$, [kPa], pochodzące od własnej masy konstrukcji</p> |  | <p>– obciążenie P_z, pochodzące od sumarycznego (statycznego i dynamicznego) oddziaływania morza</p> |
|  | <p>– obciążenie $q_1 (g + 0,5a_v)$, [kPa], pochodzące od równomiernie rozłożonego ładunku</p> |  | <p>– siły i momenty pochodzące od oddziaływania przyległej konstrukcji</p> |

2.1.2 Obciążenia konstrukcji od ładunku (z uwzględnieniem masy konstrukcji) należy obliczać ze wzoru.

$$P_v = (g + 0,5a_v)(q_0 + q_1), \text{ [kPa]} \quad (2.1.2)$$

q_1 – natężenie rozkładu masy ładunku, [t/m^2];

q_0 – natężenie rozkładu masy konstrukcji, [t/m^2];

Dla pokładów z pomieszczeniami mieszkalnymi natężenie rozkładu masy ($q_0 + q_1$) można przyjąć równe $0,4 t/m^2$.

2.1.3 Obciążenie P_z zewnętrznych powierzchni kadłuba, [kPa], wywołwane działaniem morza, należy określać przy pełnym zanurzeniu, z uwzględnieniem

składnika dynamicznego, ze wzorów podanych w punkcie 16.2 części – II „Kadłub”.

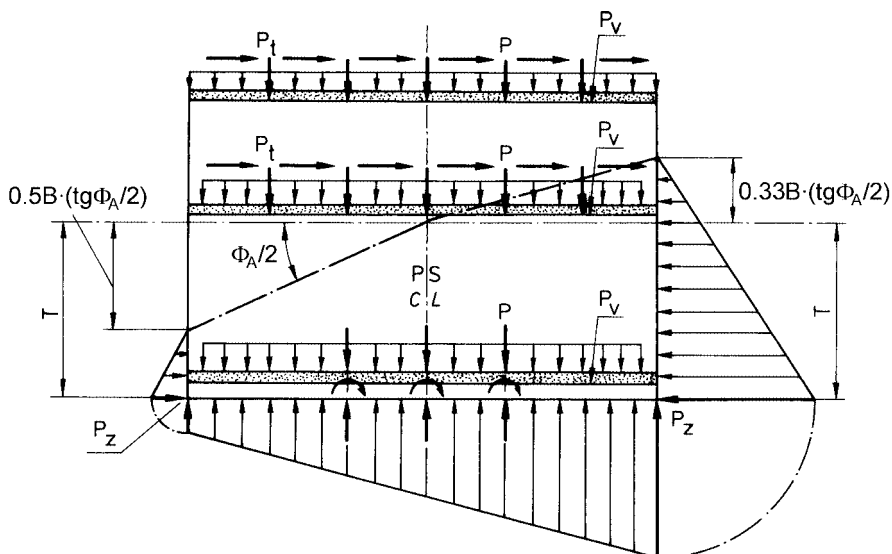
Dla pokładu otwartego należy przyjąć wartość obciążenia pochodzącego od działania morza lub obciążenia od ładunku – zależnie od tego, która z tych wartości jest większa.

W obu przypadkach należy uwzględnić masę własną konstrukcji.

2.2 Stan pełnego załadowania, ładunek rozmieszczony w dolnej części przekroju poprzecznego, statek przechylony (SO2)

2.2.1 Ten stan, pokazany na rys. 2.2.1, może zadecydować o wymaganej wytrzymałości dna i niższych pokładów. Rozkład ładunku w rozpatrywanym przekroju kadłuba należy przyjmować tak, jak w stanie obciążenia SO1.

Umowne oznaczenia – według rys. 2.1.1



Rys. 2.2.1 Stan obciążenia SO2

2.2.2 Należy przyjąć, że obciążenie pochodzące od ładunku, określone z uwzględnieniem masy konstrukcji działa ukośnie do pokładu.

Składowe pionowe obciążenia (w układzie współrzędnych związanych z kadłubem) należy przyjąć równe:

$$P_v = g(q_0 + q_1), \text{ [kPa]} \quad (2.2.2-1)$$

Składowe poprzeczne obciążenia (w układzie współrzędnych związanych z kadłubem) należy przyjmować równe:

$$P_t = 0,67a_T(q_0 + q_1), \text{ [kPa]} \quad (2.2.2-2)$$

q_0, q_1 – jak w 2.1.2.

W przypadku niejednakowych miejscowych obciążeń ładunkiem można przyjąć średnią wartość q_1 dla całego pokładu.

W przypadku stosowania ruchomych pokładów do przewozu samochodów należy również uwzględnić składowe poprzeczne obciążenia, pochodzące od ich mas oraz mas ładunku, obliczone według wzoru 2.2.2-2 i przyłożyć je zgodnie z rzeczywistymi warunkami podparcia tych pokładów.

2.2.3 Obciążenia wywołane działaniem morza należy określać przy pełnym zanurzeniu, z uwzględnieniem wpływu kształtu fali i kołysania poprzecznego.

Ciśnienie przy oble wynurzonej burty należy obliczać ze wzoru:

$$P_Z = 10T - 5B \cdot \operatorname{tg} \frac{\Phi_A}{2}, [\text{kPa}] \quad (2.2.3-1)$$

Dla punktu położonego w odległości równej $T - 0,5B \cdot \operatorname{tg} \frac{\Phi_A}{2}$ [m], nad płaszczyzną podstawową przyjmuje się $P_Z = 0$.

Ciśnienie przy oble zanurzonej burty należy obliczać ze wzoru:

$$P_Z = 10T + 3,3B \cdot \operatorname{tg} \frac{\Phi_A}{2}, [\text{kPa}] \quad (2.2.3-2)$$

Dla punktu położonego w odległości równej $T + 0,33B \cdot \operatorname{tg} \frac{\Phi_A}{2}$ [m], nad płaszczyzną podstawową przyjmuje się $P_Z = 0$.

Pomiędzy wymienionymi punktami wartość P_Z zmienia się liniowo.

Jeżeli przy takim rozkładzie ciśnień otwarty pokład górny jest częściowo zanurzony, to obciążenie wywołane działaniem morza na ten pokład może być pominięte, jeżeli uwzględni się jego obciążenie pochodzące od ładunku.

2.3 Stan pełnego załadowania, ładunek rozmieszczony w górnej części przekroju poprzecznego, statek bez przechyłu (SO3)

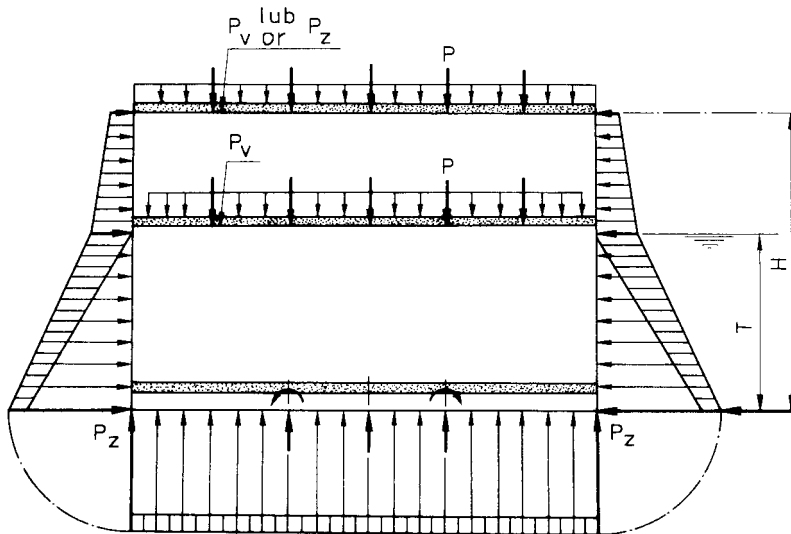
2.3.1 Ten stan, przedstawiony na rys. 2.3.1, może zadecydować o wymaganej wytrzymałości dna podwójnego i pokładów wyższych.

Wszystkie przestrzenie ładunkowe, z wyjątkiem przestrzeni nad dnem podwójnym, należy przyjmować całkowicie załadowane.

Jeżeli łączna suma obciążeń statycznych pochodzących od rozpatrywanego ładunku jest większa od wyporu w rejonie tego samego przekroju, to można zmniejszyć obciążenia pokładów niższych. Jeżeli stan tak określony nie jest realny z uwagi na stateczność statku, to należy wprowadzić poprawki urealnijające go i przedstawić do rozpatrzenia.

2.3.2 Obciążenia pochodzące od ładunku oraz od oddziaływania środowiska morskiego należy określać jak dla stanu SO1.

Umowne oznaczenia – według rys. 2.1.1

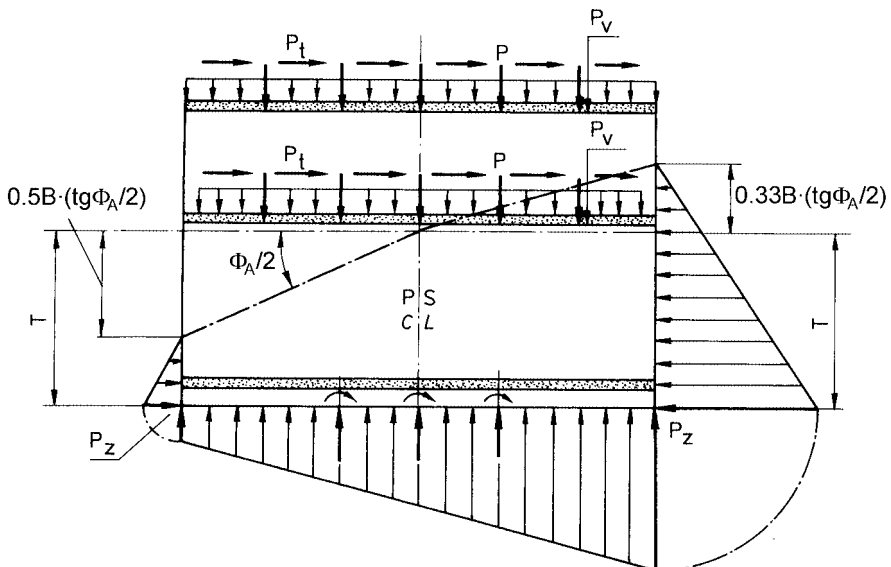


Rys. 2.3.1 Stan obciążenia SO3

2.4 Stan pełnego załadunku, ładunek rozmieszczony w górnej części przekroju poprzecznego, statek przechylony (SO4)

2.4.1 Stan ten, pokazany na rys. 2.4.1, może zadecydować o wymaganej wytrzymałości dna podwójnego i pokładów wyższych oraz burt statku. Rozkład ładunku w przekroju poprzecznym należy przyjąć jak dla stanu SO2.

Umowne oznaczenia – według rys. 2.1.1



Rys. 2.4.1 Stan obciążenia SO4

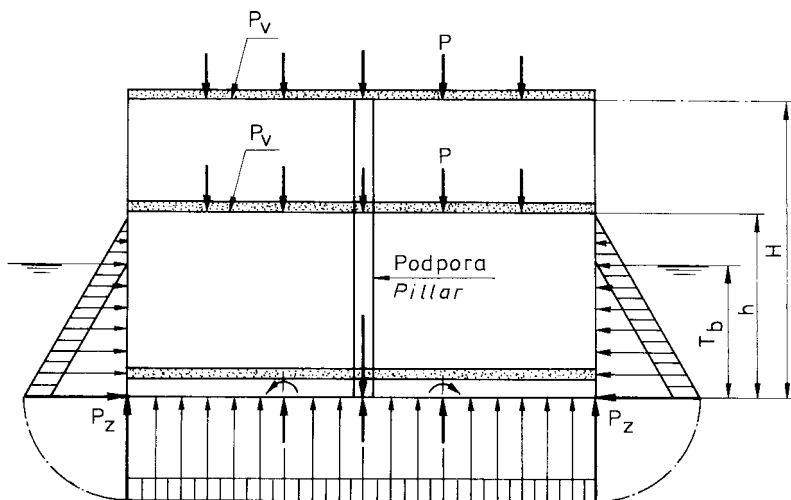
2.4.2 Obciążenia pochodzące od ładunku oraz od oddziaływania środowiska morskiego należy określać jak dla stanu SO2.

2.5 Stan balastowy (SO5)

2.5.1 Stan ten pokazany na rys. 2.5.1, może zadecydować o wymaganej wytrzymałości dna podwójnego na statkach, na których pokłady są podparte przez podpory.

Obciążenia pochodzące od masy pokładu lub konstrukcji dna podwójnego należy określać jak dla stanu SO1, przyjmując dla pokładów wartość $q_1 = 0$. Należy również przyjąć, że zbiorniki paliwa w dnie podwójnym są puste, a balast umieszczać w zbiornikach balastowych dna podwójnego.

Umowne oznaczenia – według rys. 2.1.1



Rys. 2.5.1 Stan obciążenia SO5

2.5.2 Ciśnienie obliczeniowe P_z , kPa, działające na dno statku należy wyznaczać z uwzględnieniem składowych dynamicznych. Składowe dynamiczne ciśnienia należy obliczać wg wzorów podanych w części II – „Kadłub”, podstawiając do tych wzorów zanurzenie T .

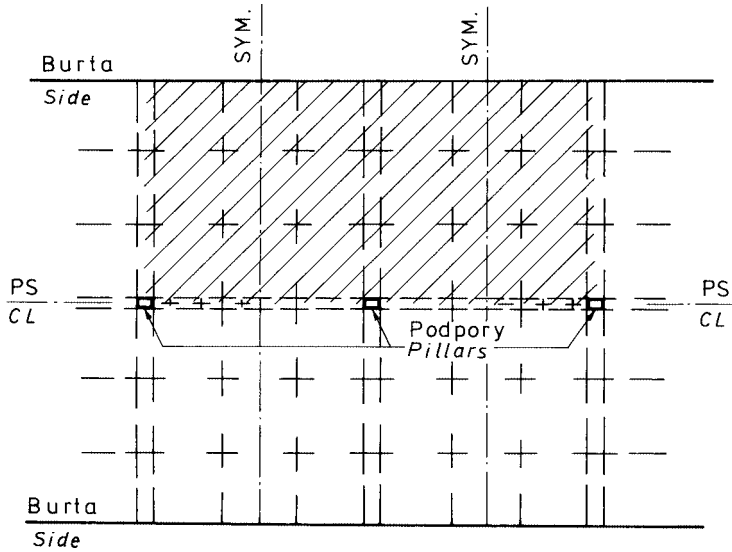
Ciśnienia statyczne należy określać dla zanurzenia T_b .

W punkcie położonym w odległości $h = 0,1 P_z$ nad płaszczyzną podstawową statku należy przyjmować $P_z = 0$.

Należy też przyjmować liniową zmienność ciśnienia wzdłuż burty (rys. 2.5.1).

2.6 Poprzeczne niesymetryczne obciążenie pokładu (SO6)

2.6.1 Stan ten przedstawiony na rys. 2.6.1, jest stosowany tylko do analizy wytrzymałości rusztu pokładowego, podpartego przez podpory.

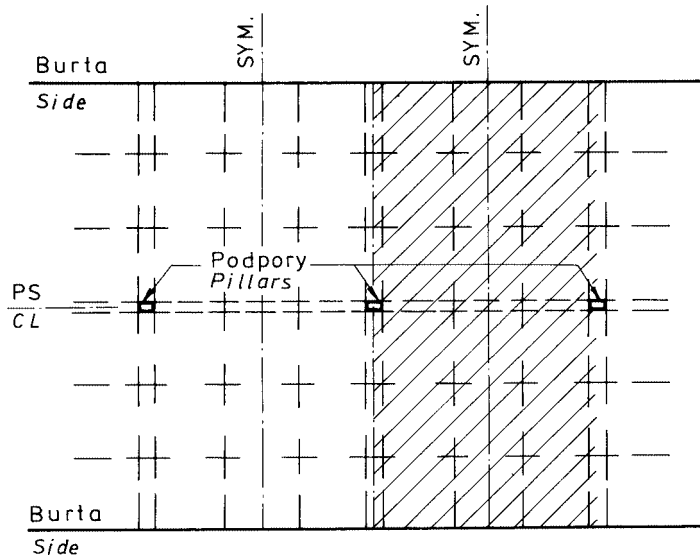


Rys. 2.6.1 Stan obciążenia SO6

2.6.2 Obciążenia należy przyjmować jak dla stanu SO1.

2.7 Wzdłużne niesymetryczne obciążenie pokładu (SO7)

2.7.1 Stan ten, przedstawiony na rys. 2.7.1, jest stosowany tylko do analizy wytrzymałości rusztu pokładowego, podpartego przez podpory.



Rys. 2.7.1 Stan obciążenia SO7

2.7.2 Obciążenia należy przyjmować jak dla stanu SO1.

2.8 Obciążenie pokładu siłami skupionymi (SO8)

2.8.1 Stan ten jest stosowany tylko do analizy wytrzymałości rusztu pokładowego (lub ramy płaskiej) w celu uwzględnienia występowania sił skupionych, pochodzących od stosu kontenerów lub innych ładunków.

2.8.2 Obciążenia należy obliczać dla maksymalnych dopuszczalnych mas stosów kontenerów i mas konstrukcji z uwzględnieniem przyśpieszeń pionowych, obliczanych wg wzoru 2.1.2.

3 MODELOWANIE KONSTRUKCJI

3.1 Zasady ogólne

3.1.1 Dla konstrukcji, w których poprzeczne elementy wytrzymałościowe są podparte tylko przy burtach statku, wystarczające jest przyjęcie jednego modelu konstrukcji ramy poprzecznej.

3.1.2 Jeżeli konstrukcje pokładu i dna podwójnego są projektowane z podporami, wiązarami wzdłużnymi i ramami poprzecznymi, to należy uwzględniać wpływ sił oddziaływania konstrukcji związanych z rozpatrywaną ramą poprzeczną. Zwykle wpływ ten można określić przy pomocy dwuwymiarowych modeli rusztów.

3.1.3 Należy doprowadzić do zgodności sił i przemieszczeń pomiędzy poszczególnymi modelami rusztów. Oznaczenia, stosowane przy opisywaniu modeli są podane na rys. 3.1.3.

3.1.4 W rejonie wycięć dla ramp, podnośników itp. konstrukcja może być analizowana w oparciu o zmodyfikowane modele dwuwymiarowe. Zastosowane modyfikacje będą rozpatrywane w każdym oddzielnym przypadku.

3.2 Ramy poprzeczne

3.2.1 Na rys. 3.2.1-1 oraz rys. 3.2.1-2 pokazano typowe modele obliczeniowe ramy poprzecznej w płaszczyźnie podpór i między podporami, gdy są one zamocowane w płaszczyźnie symetrii. Model obejmuje całą konstrukcję między burtami w celu uwzględnienia niesymetrycznych stanów obciążeń.



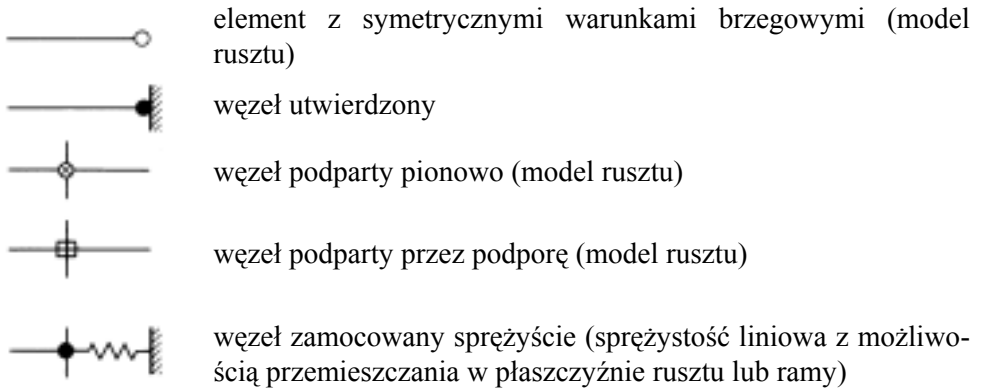
element (pręt) ograniczony węzłami



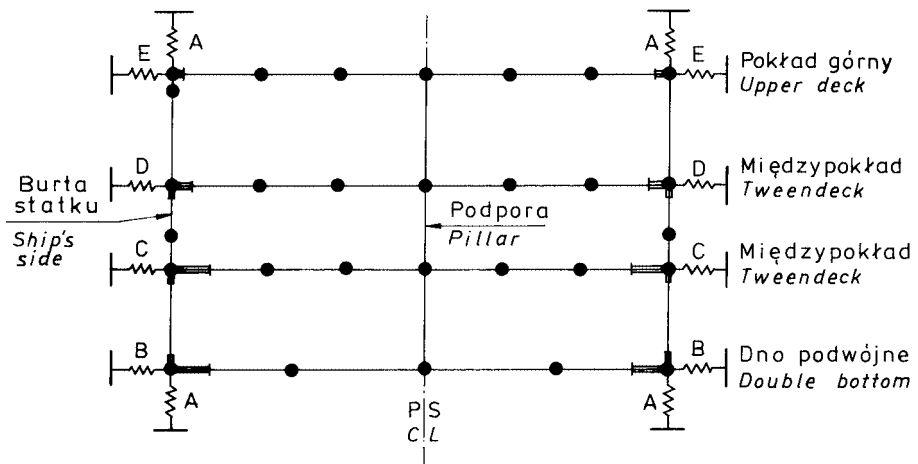
końcowa część elementu o założonej doskonałej sztywności



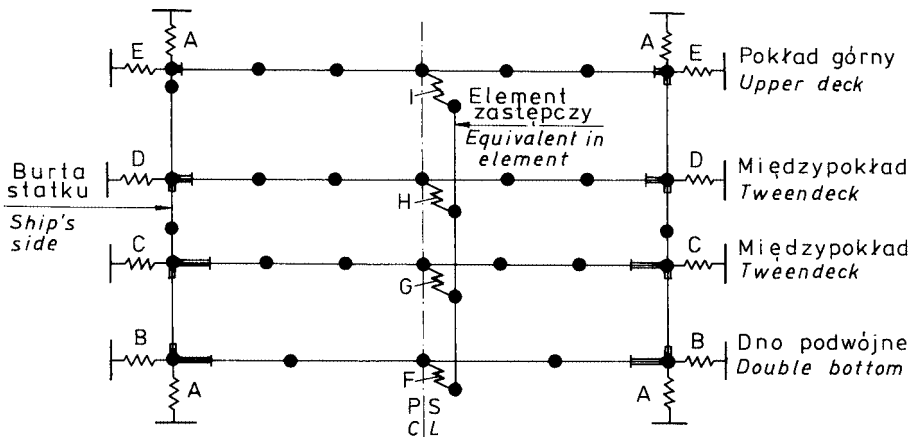
element o założonej doskonałej sztywności



Rys. 3.1.3 Oznaczenia stosowane na schematach modeli obliczeniowych konstrukcji



Rys. 3.2.1-1 Rama poprzeczna w płaszczyźnie podpory



Rys. 3.2.1-2 Rama poprzeczna pomiędzy podporami

3.2.2 Należy przyjmować pionowe i poziome podpory sprężyste, odpowiadające sztywności burt statku, dna i pokładów.

Współczynniki sztywności podparć sprężystych typu A, B, C, D i E mogą być obliczane ze wzoru:

$$K = \frac{0,5E}{n \left(\frac{5k_2 l^3}{384I} + \frac{2,6k_1 l}{8A_s} \right)}, \text{ [N/mm]} \quad (3.2.2)$$

- l – odległość pomiędzy efektywnymi grodziami poprzecznymi; przyjęta do obliczeń wartość l nie może być większa od 0,9 L;
- I – rzeczywisty moment bezwładności części poprzecznego przekroju kadłuba, odwzorowanej podporą sprężystą: burty (podparcie A) albo pokładu lub dna (podparcia B, C, D, E), obliczany względem obojętnej osi zginania, z uwzględnieniem pasów współpracujących, stanowiących części przekrojów poprzecznych pokładów i dna (podpora A) lub burt i grodzi wzdłużnych (podpory B, C, D, E);
- A_s – rzeczywista powierzchnia na ścinanie części przekroju odwzorowanej podporą sprężystą: burty i (ewentualnie) grodzi wzdłużnej (podpora A) albo pokładów i dna (podpory B, C, D, E);

$$n = \frac{1}{l_m}$$

(l_m – długość przyjętej w modelu powierzchni obciążonej; na l_m należy przyjąć długość modelu rusztu dna lub pokładu);

k_1, k_2 – współczynniki określane z tablicy 3.2.2.

Tablica 3.2.2

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
k_1	2,00	1,50	1,33	1,25	1,20	1,18	1,14	1,12	1,11	1,10
k_2	1,50	1,33	1,25	1,20	1,18	1,14	1,12	1,11	1,10	1,10

3.2.3 Ramy poprzeczne między podporami są zwykle połączone z podporą przy pomocy wzdłużnika pokładowego, biegnącego w płaszczyźnie symetrii statku. W modelu rami płaskiej połączenie to może być przedstawione przez elementy sprężyste F, G, H i I. Współczynnik sztywności tych elementów może być obliczany ze wzoru:

$$K = \frac{E}{nk_1 \left(\frac{l^3}{384 \cdot I} + \frac{2,61}{8 \cdot A_s} \right)} \quad (3.2.3-1)$$

- l – odstęp między podporami;
- I – rzeczywisty moment bezwładności wzdłużnika;
- A_s – pole poprzecznego przekroju wzdłużnika na ścinanie;
- n – liczba ram poprzecznych pomiędzy podporami;
- k_1 – współczynnik określane z tablicy 3.2.2.

Jeżeli używany program komputerowy nie dopuszcza stosowania podpór sprężystych, to mogą one być zastąpione przez fikcyjne elementy sprężyste, mające pole przekroju poprzecznego:

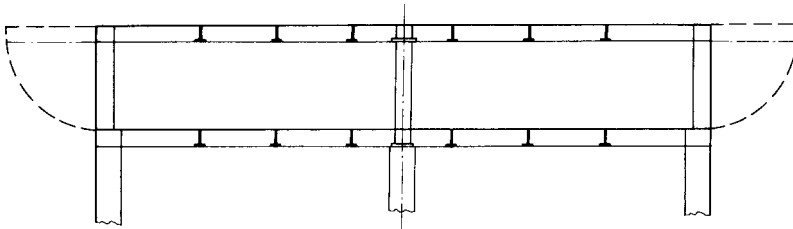
$$A = \frac{Kl_s}{E} \quad (3.2.3-2)$$

l_s – długość elementu sprężystego.

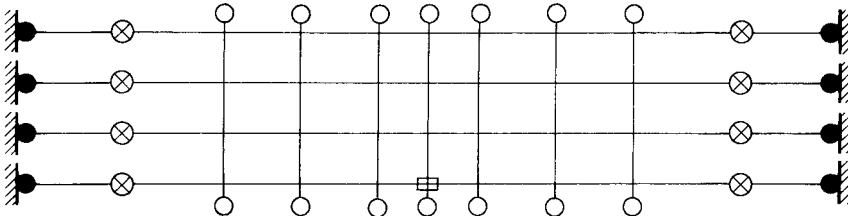
3.3 Konstrukcja pokładu i dna

3.3.1 Typowa konstrukcja pokładu i odpowiadający jej model obliczeniowy są przedstawione na rys. 3.3.1. Model ten może być zastosowany do analizy stanów obciążeń SO6 i SO7. Ponadto rozkład sił w wiązarach wzdłużnych pokładu lub dna może być określany dla stanów obciążeń SO1 – SO5 i zastosowany w modelu ramy poprzecznej pokazanym na rys. 3.2.1-1. Ma to zastosowanie, gdy konstrukcja pokładu i dna jest podparta za pomocą podpór. Zgodność sił i przemieszczeń pomiędzy modelami rusztów i ramy w punktach ich przecinania się może być trudna do osiągnięcia w przypadku dużej liczby wzdłużnych wiązań ramowych. W takim przypadku może być bardziej wygodne (lub konieczne) stosowanie jednego trójwymiarowego modelu, łączącego model ramy i rusztu.

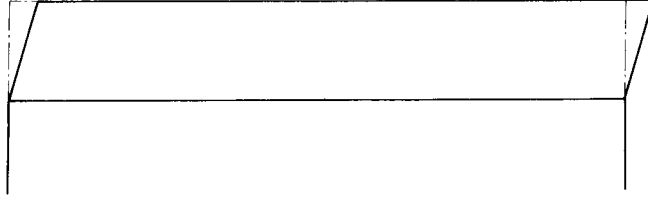
a) typowa konstrukcja pokładu (przekrój poprzeczny)



b) model rusztu (pokład górny) z uwzględnieniem rozwiniętych burt



Rys. 3.3.1 Konstrukcja pokładu



Rys. 3.3.2 Odształcenia ramy poprzecznej spowodowane obciążeniem statku przechylonego



Wstępne przemieszczenie końcowych węzłów w modelu rusztu

Rys 3.3.3 Przesunięcie pokładów względem siebie

Model obliczeniowy konstrukcji pokładu dla stanu obciążenia SO8 w postaci rusztu (w niektórych przypadkach może wystarczać rama płaska) powinien obejmować taki obszar pokładu, aby w wystarczającym stopniu odzwierciedlał on niejednorodność obciążeń oraz symetrię konstrukcji.

3.3.2 Węzłowi podpartemu przez podporę należy nadać sprężystą sztywność obrotową względem osi x i y, obliczaną ze wzoru:

$$K_r = \frac{E}{\frac{l}{4I} + \frac{3,9}{A_s l}}, \text{ jedn. mom. /1 radian} \quad (3.3.2)$$

l – długość podpory;

I – odpowiedni moment bezwładności podpory (względem osi x lub y);

A_s – odpowiednie pole przekroju na ścianie podpory (w kierunku osi x lub y).

Należy zauważyć, że dla międzypokładów wartość K_r jest sumą sztywności podpór leżących poniżej i powyżej rozpatrywanego pokładu.

3.3.3 Węzłowi podpartemu przez podporę w każdym modelu rusztu należy nadać wstępne przemieszczenie pionowe, odpowiadające ugięciu (względnemu przesunięciu), otrzymanemu w kolejnych obliczeniach ramy poprzecznej.

Dla stanów obciążeń SO2 i SO4 węzły ograniczające ruszt w kierunku poprzecznym powinny mieć analogiczne wstępne przemieszczenia związane z przesuwaniem się pokładów względem siebie (patrz rys. 3.3.3).

4 ANALIZA NAPRĘŻEŃ

4.1 Zasady ogólne

4.1.1 Dopuszczalne naprężenia dla wiązarów należy przyjmować jak podano w punkcie 14.4 w części II – „Kadłub”.

4.1.2 Dla podpór współczynnik η dopuszczalnego wykorzystania naprężeń krytycznych powinien spełniać warunek:

$$\eta = \frac{\sigma_a}{\sigma_c} \leq \frac{0,7}{1 + \frac{1}{i}}, \quad (4.1.2)$$

przy czym należy przyjmować:

$$\frac{0,7}{1 + \frac{1}{i}} \geq 0,3$$

σ_a – obliczone naprężenie ściskające;

σ_c – naprężenie krytyczne podpory; może ono być wyznaczone według p. 13.7 w części II – „Kadłub”.

l – długość podpory, [m];

i – promień bezwładności poprzecznego przekroju podpory, [cm].

4.1.3 Współczynnik dopuszczalnego wykorzystania naprężeń krytycznych poszycia, stanowiącego pas współpracujący wiązań, powinien spełniać wymaganie:

$$\eta = \frac{\sigma_a}{\sigma_c} \leq 0,87 \quad (4.1.3)$$

σ_a i σ_c – patrz 4.1.2.

4.2 Wytrzymałość połączeń narożnych

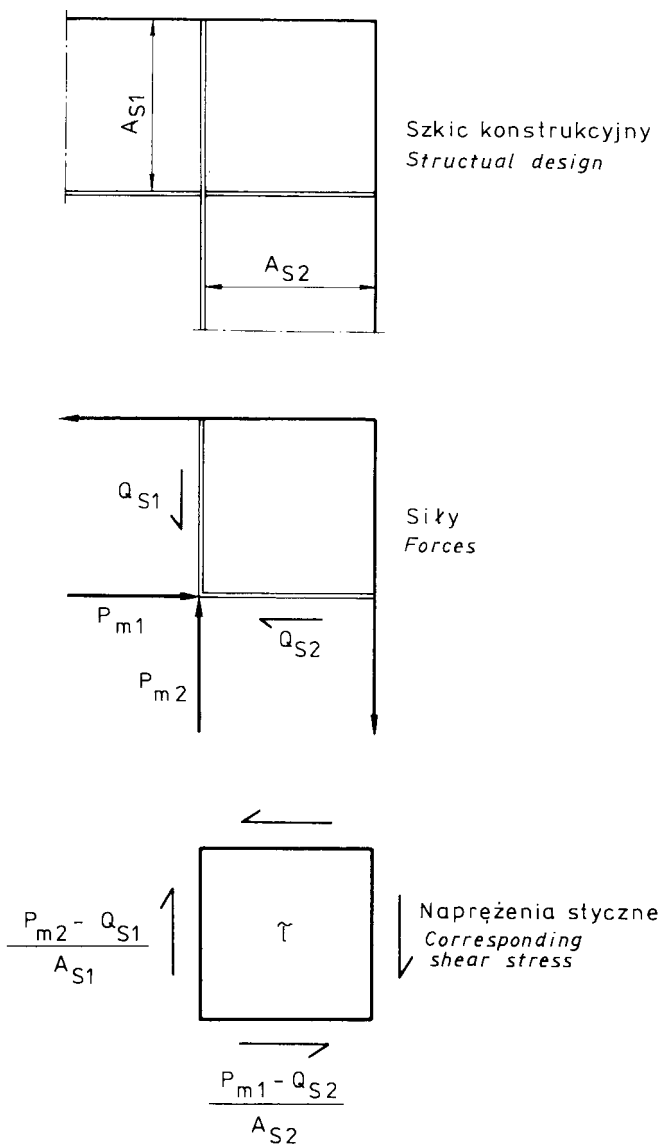
4.2.1 Brak ciągłości mocnika w połączeniach narożnych wysoko obciążonych wiązarów powinien być kompensowany przez węzłówki. Jeżeli zastosowanie węzłówki nie jest możliwe, np. pomiędzy wiązarami pokładu i burty, mogą wystąpić wysokie naprężenia styczne we wspólnym rejonie środków tych wiązarów.

Przy wyznaczaniu naprężeń stycznych można je przyjmować jako wartość średnią naprężeń stycznych, obliczanych ze wzorów:

$$\tau = 10 \frac{P_{m1} - Q_{s2}}{A_{s2}}, \text{ [MPa]} \quad (4.2.1-1)$$

oraz

$$\tau = 10 \frac{P_{m2} - Q_{s1}}{A_{s1}}, \text{ [MPa]} \quad (4.2.1-2)$$



Rys. 4.2.1 Określenie naprężeń w połączeniach narożnych

Q_s – siła poprzeczna w środku wiązara, [kN];

P_m – siła wzdłużna w mocniku wiązara, [kN];

A_s – pole poprzecznego przekroju wiązara, przenoszące ścinanie, [cm²].