



**PRZEPISY
KLASYFIKACJI I BUDOWY
STATKÓW MORSKICH**

**CZEŚĆ II
KADŁUB**

lipiec
2024

GDAŃSK

A decorative graphic at the bottom of the page consists of several overlapping, wavy blue lines that create a sense of movement and depth, resembling a stylized wave or a ribbon.

PRZEPISY KLASYFIKACJI I BUDOWY STATKÓW MORSKICH

opracowane i wydane przez Polski Rejestr Statków S.A., zwany dalej PRS, składają się z następujących Części:

- Część I – Zasady klasyfikacji
- Część II – Kadłub
- Część III – Wyposażenie kadłubowe
- Część IV – Stateczność i niezatapialność
- Część V – **Fire Protection (tylko wersja angielska)**
- Część VI – **Ship and Machinery Piping Systems (tylko wersja angielska)**
- Część VII – **Silniki, mechanizmy, kotły i zbiorniki ciśnieniowe**
- Część VIII – Instalacje elektryczne i systemy sterowania
- Część IX – Materiały i spawanie

Część II – Kadłub – lipiec 2024 została zatwierdzona przez Zarząd PRS S.A. w dniu 20 czerwca 2024 r. i wchodzi w życie z dniem 1 lipca 2024 r.

Z dniem wejścia w życie niniejszej *Części II* jej wymagania mają zastosowanie w pełnym zakresie do statków nowych.

W odniesieniu do statków istniejących wymagania niniejszej *Części II* mają zastosowanie w zakresie wynikającym z postanowień *Części I – Zasady klasyfikacji*.

Rozszerzeniem i uzupełnieniem *Części II – Kadłub* są następujące Publikacje:

- Publikacja 9/P – Wymagania dla systemów komputerowych,
- Publikacja 11/P – Próby środowiskowe wyposażenia statków,
- Publikacja 14/P – Zasady uznawania programów komputerowych,
- Publikacja 16/P – Środki kontroli obciążenia statku,
- Publikacja 17/P – Analiza strefowej wytrzymałości konstrukcji kadłuba statku ro-ro,
- Publikacja 18/P – Analiza strefowej wytrzymałości kadłuba masowca,
- Publikacja 19/P – Analiza strefowej wytrzymałości kadłuba zbiornikowca,
- Publikacja 20/P – Wzmocnienia burt statków rybackich cumujących w morzu,
- Publikacja 21/P – Próby konstrukcji kadłubów okrętowych,
- Publikacja 24/P – Analiza wytrzymałości kadłuba kontenerowca,
- Publikacja 32/P – Wymagania dotyczące rozmieszczenia i mocowania ładunków na statkach morskich,
- Publikacja 39/P – Przeglądy kadłuba masowców,
- Publikacja 40/P – Materiały i wyroby niemetalowe,
- Publikacja 45/P – Analiza wytrzymałości zmęczeniowej stalowego kadłuba statku,
- Publikacja 48/P – Wymagania dla gazowców,
- Publikacja 50/P – Wymagania techniczne w zakresie ochrony środowiska morskiego dla statków uprawiających żeglugę morską,
- Publikacji 55/P – Nadzór nad systemami ochrony przed korozją i porastaniem,
- Publikacja 63/P – Kryteria wymiany wręgów i węzłówek masowców i roporudomasowców z burtą pojedynczą,
- Publikacja 100/P – Wymagania bezpieczeństwa dla morskich statków pasażerskich i szybkich jednostek pasażerskich uprawiających żeglugę krajową,
- Publikacja 76/P – Stateczność, niezatapialność i wolna burta statków pasażerskich uprawiających żeglugę krajową,
- Publikacja 103/P – Wytyczne dotyczące efektywności energetycznej statków,
- Publikacja 106/P – Przepisy ekologicznego znaku klasy,
- Publication 114/P – Longitudinal Strength Standard for Container Ships,
- Publikacja 118/P – Wymagania dotyczące statków pasażerskich zbudowanych z kompozytów polimerowych, eksploatowanych w żegludze krajowej,
- Publication 122/P – Requirements for Ice Baltic Class and Polar Class for Ships under PRS Supervision
- Publikacja 2/I – Zapobieganie drganiom na statkach,
- Publikacja 16/I – Standardy budowy i naprawy statków,
- Publikacja 31/I – Regulations for Safe and Environmentally Sound Recycling of Ships.
- Publication 35/I – Wave loads on Ships,
- Publication 36/I – Recommendation for assessing alternative methods used in the hull structural design of ships subject to the Common Structural Rules for Bulk Carriers and Oil Tankers.

© Copyright by Polski Rejestr Statków S.A., 2024

PRS/RP, 05/2024

SPIS TREŚCI

Str.

1	Postanowienia ogólne	9
1.1	Zakres zastosowania	9
1.2	Określenia i oznaczenia	9
1.3	Nadzór i klasyfikacja	14
1.4	Dokumentacja techniczna	15
1.5	Wymagania ergonomiczne	18
2	Materiały i ochrona przed korozją	19
2.1	Zasady ogólne	19
2.2	Stal kadłubowa	19
2.3	Inne materiały konstrukcyjne	26
2.4	Ochrona przed korozją	27
2.5	Naddatki korozyjne	28
2.6	Systemy przeciwporostowe	29
3	Szczegóły konstrukcyjne	32
3.1	Zasady ogólne	32
3.2	Idealizacja wiązań	32
3.3	Szczegóły konstrukcji spawanych	36
3.4	Ciągłość konstrukcji	37
3.5	Otwory w elementach konstrukcyjnych	38
3.6	Konstrukcja wiązarów teowych	39
3.7	Konstrukcja zbiorników balastowych	41
4	Połączenia elementów konstrukcyjnych	42
4.1	Zasady ogólne	42
4.2	Typy i wymiary spoin	42
4.3	Połączenia elementów zładu	47
4.4	Połączenia konstrukcji z różnych materiałów	49
5	Zasady wymiarowania wiązań	50
5.1	Zasady ogólne	50
5.2	Podstawy wymagań	51
6	Dno	54
6.1	Zasady ogólne	54
6.2	Konstrukcja dna podwójnego	56
6.3	Wymiarowanie wiązań dna podwójnego	61
6.4	Konstrukcja dna pojedynczego	64
6.5	Wymiarowanie wiązań dna pojedynczego	65
6.6	Wymagania wspólne dla statków z dnem pojedynczym i z dnem podwójnym	67
6.7	Wzmocnienia w części dziobowej	67
7	Burty	70
7.1	Zasady ogólne	70
7.2	Konstrukcja	71
7.3	Wymiarowanie wiązań	72
7.4	Wzmocnienia części dziobowej	75
8	Pokłady	78
8.1	Zasady ogólne	78
8.2	Konstrukcja	78

8.3	Wymiarowanie wiązań.....	79
8.4	Wymagania dodatkowe.....	81
8.5	Otwory w pokładach	82
8.6	Zrębnice	84
8.7	Podpory	85
8.8	Lądowiska dla śmigłowców	86
9	Grodzie	89
9.1	Zasady ogólne.....	89
9.2	Podział grodziowy.....	89
9.3	Konstrukcja.....	93
9.4	Wymiarowanie wiązań.....	94
9.5	Wymagania dodatkowe.....	95
10	Nadbudowy	97
10.1	Zasady ogólne.....	97
10.2	Konstrukcja	97
10.3	Wymiarowanie wiązań	98
10.4	Obliczeniowe obciążenia ścian	100
10.5	Nadburcia	100
11	Dziobnica i tylnica	103
11.1	Zasady ogólne.....	103
11.2	Dziobnica.....	103
11.3	Tylnica.....	104
11.4	Odległości śruby od kadłuba	113
11.5	Dysze nieobrotowe	113
11.6	Koker trzonu sterowego.....	116
12	Fundamenty	118
12.1	Zasady ogólne.....	118
12.2	Konstrukcja i wymiarowanie wiązań	118
13	Miejscowa wytrzymałość i stateczność konstrukcji	120
13.1	Zasady ogólne.....	120
13.2	Konstrukcyjne grubości minimalne	121
13.3	Wymagania dotyczące stateczności elementów konstrukcyjnych.....	123
13.4	Poszycie kadłuba	126
13.5	Usztywnienia	133
13.6	Wiązary zwykłe.....	138
13.7	Podpory i wiązania ściskane	140
13.8	Węzłówki	141
14	Wytrzymałość strefowa, ogólna i miejscowa, zasady obliczeń metodą elementów skończonych	147
14.1	Zasady ogólne	147
14.2	Obciążenia obliczeniowe	147
14.3	Ocena wytrzymałości systemu wiązarów kadłuba na podstawie belkowych modeli MES	147
14.4	Ocena wytrzymałości systemu wiązarów kadłuba na podstawie modeli MES z zastosowaniem elementów skończonych tarczowych, powłokowych i belkowych	150
14.5	Ocena poziomu naprężeń w wiązarach	156
14.6	Ocena wytrzymałości ogólnej z zastosowaniem MES	158
14.7	Ocena poziomu naprężeń w miejscach koncentracji naprężeń i w usztywnieniach poszycia (lokalne modele MES	160

15	Wzdłużna wytrzymałość statku	164
15.1	Zasady ogólne	164
15.2	Wskaźnik poprzecznego przekroju kadłuba	166
15.3	Moment bezwładności poprzecznego przekroju kadłuba	167
15.4	Moment zginający kadłub na wodzie spokojnej	168
15.5	Falowy moment zginający	171
15.6	Zakres stosowania stali o podwyższonej wytrzymałości	173
15.7	Rzeczywiste geometryczne charakterystyki przekroju kadłuba	174
15.8	Wytrzymałość kadłuba na działanie sił poprzecznych	176
15.9	Poprzeczne obciążenia kadłuba na wodzie spokojnej	177
15.10	Falowe obciążenia poprzeczne	177
15.11	Wymagania dla konstrukcji przenoszących siły poprzeczne	178
15.12	Poprawki krzywej sił poprzecznych	180
15.13	Kontrola obciążenia statku	181
15.14	Wymagania dotyczące stateczności elementów konstrukcji kadłuba przenoszących naprężenia od zginania ogólnego kadłuba	184
16	Miejscowe obciążenia konstrukcji	188
16.1	Zasady ogólne	188
16.2	Oddziaływanie morza	189
16.3	Oddziaływanie cieczy w zbiornikach	191
16.4	Oddziaływanie ładunków	192
17	Ruchy statku	195
17.1	Zasady ogólne	195
17.2	Definicje	195
17.3	Amplitudy przemieszczeń składowych	196
17.4	Wypadkowe amplitudy przyspieszeń	197
18	Statki do przewozu kontenerów	198
18.1	Zasady ogólne	198
18.2	Materiały i spawanie	198
18.3	Konstrukcja	199
18.4	Analiza wytrzymałości kadłuba	200
18.5	Obciążenia obliczeniowe, stany załadowania	200
18.6	Rozwiązania powstrzymujące kruche pękanie	203
19	Statki pasażerskie, promy i statki ro-ro	207
19.1	Zasady ogólne	207
19.2	Materiały i spawanie	209
19.3	Wytrzymałość strefowa	209
19.4	Stałe pokłady dla ładunków tocznych	210
19.5	Pokłady do przewozu samochodów	214
19.6	Obciążenia obliczeniowe	215
20	Masowce	221
20.1	Zasady ogólne	221
20.2	Wytrzymałość miejscowa	225
20.3	Wytrzymałość strefowa	226
20.4	Wytrzymałość wzdłużna i zmęczeniowa	226
20.5	Konstrukcje burt statków o pojedynczej burcie	227
20.6	Wytrzymałość wzdłużna kadłuba w stanach awaryjnego zalania przedziałów wodoszczelnych	231
20.7	Wymiarowanie poprzecznych wodoszczelnych grodzi falistych z uwzględnieniem zalania ładowni	232

20.8	Obliczenie dopuszczalnej masy ładunku w zalanej ładowni	245
20.9	Projektowe stany załadowania i odpowiadające im dodatkowe informacje opisowe	249
20.10	Wymagania dotyczące dziobówki	254
20.11	Wymagania dotyczące statków o podwójnych burtach	255
20.12	Wymagania dotyczące konstrukcji części ładunkowej kadłuba	256
21	Zbiornikowce	259
21.1	Zasady ogólne	259
21.2	Podział przestrzenny	260
21.3	Materiały i wymiarowanie wiązań	267
22	Statki rybackie	272
22.1	Zasady ogólne	272
22.2	Konstrukcja i wymiarowanie wiązań	272
22.3	Statki z pochylnią rufową i urządzeniami do połowów z rufy	273
22.4	Statki z urządzeniami do połowów z burty	277
23	Holowniki i statki obsługi	278
23.1	Zasady ogólne	278
23.2	Holowniki	278
23.3	Statki obsługi	279
24	Pogłębiarki, szalandy i żurawie pływające	283
24.1	Zasady ogólne	283
24.2	Konstrukcja i wymiarowanie wiązań pogłębiarek i szaland	283
24.3	Konstrukcja i wymiarowanie wiązań żurawi pływających	283
25	Katamarany	284
25.1	Zasady ogólne	284
25.2	Materiały i spawanie	285
25.3	Podział przestrzenny	285
25.4	Konstrukcja	286
25.5	Wytrzymałość konstrukcji kadłuba	289
25.6	Obciążenia obliczeniowe	293
26	Wzmocnienia lodowe i specjalne	299
26.1	Zasady ogólne	299
26.2	Wzmocnienia dla prac przeładunkowych z użyciem chwytaków	299
26.3	Wzmocnienia statku osiadającego na dnie	299
27	Dodatkowe wymagania dla statków niebędących masowcami, sporadycznie transportujących ładunki	300
27.1	Zakres zastosowania	300
27.2	Statki o podwójnych burtach	300
27.3	Statki o burtach pojedynczych	300
28	Dodatkowe wymagania dla statków efektywnych energetycznie	301
28.1	Zakres zastosowania	301
28.2	Zakres wymaganej dokumentacji	301
28.3	Dodatkowy znak w symbolu klasy	301
29	Statki do zwalczania zanieczyszczeń chemicznych	302
29.1	Zasady ogólne	302
29.2	Definicje	302
29.3	Podział przestrzenny	303
29.4	Konstrukcja zbiorników	303

30	Wymiana wód balastowych w morzu	304
30.1	Informacja ogólna	304
30.2	Postępowanie z wodami balastowymi	304
SUPLEMENT - Wymagania retroaktywne		305
Aneks 1	Zalecenia dotyczące wymiany lub wzmocnienia poprzecznych grodzi wodoszczelnych z falami pionowymi pomiędzy ładowniami nr 1 i 2	320
Aneks 2	Zalecenia dotyczące pomiarów grubości wodoszczelnych grodzi poprzecznych z falami pionowymi pomiędzy ładowniami nr 1 i nr 2	322
Aneks 3	Zalecenia dotyczące oceny możliwości transportu ciężkich ładunków masowych przez istniejące masowce – stosownie do wytrzymałości grodzi poprzecznej pomiędzy ładowniami nr 1 i 2	324

1 POSTANOWIENIA OGÓLNE

1.1 Zakres zastosowania

1.1.1 Część II – Kadłub ma zastosowanie do stalowych spawanych kadłubów statków morskich wymienionych w punkcie 1.1.1 z Części I – Zasady klasyfikacji oprócz masowców i zbiornikowców olejowych określonych niżej.

W przypadku masowców o długości $L_0 \geq 90$ m należy stosować wymagania przepisów *Common Structural Rules (CSR)*.

Rozdział 20 niniejszej Części II odnosi się do masowców zdefiniowanych zgodnie z *Konwencją SOLAS* (czyli obejmujących również rudowce i statki kombinowane). Niektóre z jego paragrafów dotyczą również statków w odniesieniu do których stosuje się wymagania *CSR*.

W przypadku zbiornikowców olejowych o podwójnym kadłubie, o długości 150 m lub większej, należy stosować wymagania *CSR*.

1.1.2 Dopuszczalne zakresy wymiarów głównych i stosunków wymiarowych kadłuba, tam gdzie ma to istotne znaczenie, podano w rozdziałach dotyczących poszczególnych typów statków. Statki i konstrukcje nietypowe lub wykraczające poza zakres parametrów podanych w niniejszej części *Przepisów klasyfikacji i budowy statków morskich* (dalej zwanych *Przepisami*) podlegają odrębnemu rozpatrzeniu przez PRS.

1.1.3 Niniejsza część *Przepisów* może być również stosowana do konstrukcji kadłubowych wykonanych ze stopów aluminium.

1.1.4 Niniejsza część *Przepisów* zawiera wymagania podstawowe oraz wymagania dodatkowe. Spełnienie wymagań podstawowych (rozdziały 1–17) w zakresie, w jakim mają one zastosowanie, jest konieczne do uzyskania zasadniczego symbolu klasy.

Dla uzyskania dodatkowych znaków w symbolu klasy, związanych z przeznaczeniem statku, zastosowaniem wzmocnień lodowych i dostosowaniem konstrukcji kadłuba do szczególnych warunków eksploatacji, konieczne jest spełnienie wymagań dodatkowych w zakresie, w jakim mają one zastosowanie.

1.1.5 Kadłub podlega wytycznym co do bezpiecznego i ekologicznego recyklingu w zakresie podanym w *Publication 31/I – Regulations for Safe and Environmentally Sound Recycling of Ships*.

1.2 Określenia i oznaczenia

1.2.1 Zasady ogólne

Określenia dotyczące ogólnej terminologii stosowanej w *Przepisach* zawarte są w Części I – Zasady klasyfikacji. W niniejszej części *Przepisów* wprowadza się dodatkowe określenia i oznaczenia związane z kadłubem statku:

1.2.2 Oznaczenia ogólne

B – szerokość statku, [m] – największa szerokość statku, mierzona pomiędzy zewnętrznymi krawędziami wręgów.

B_s – szerokość statku przy zanurzeniu obliczeniowym T_s [m] – szerokość statku, mierzona pomiędzy zewnętrznymi krawędziami wręgów na owrężu, na wodnicy opowiadającej zanurzeniu obliczeniowemu T_s .

D – *wyporność statku* [t] – wyrażona w tonach masa statku odpowiadająca masie wody o objętości równej objętości zanurzonej części kadłuba statku. Jeżeli nie określono inaczej, gęstość wody morskiej należy przyjąć jako równą $1,025 \text{ t/m}^3$.

E – *moduł sprężystości podłużnej (Younga)* [MPa] – dla stali należy przyjmować:

$$E = 2,06 \cdot 10^5 \text{ MPa.}$$

g – *standardowe przyspieszenie ziemskie* [m/s^2] – można przyjmować o wartości równej $9,807 \text{ m/s}^2$.

G – *moduł sprężystości postaciowej (Kirchhoffa)* [MPa] – dla stali należy przyjmować:

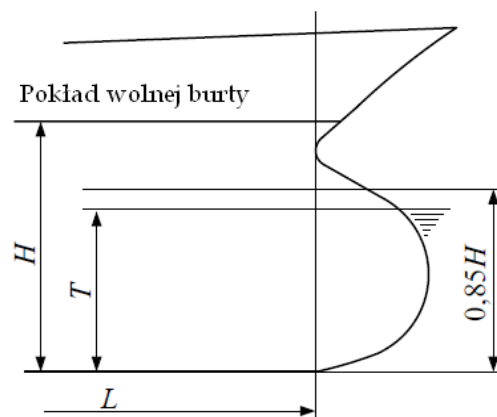
$$G = 7,9 \cdot 10^4 \text{ MPa.}$$

H – *wysokość boczna* [m] – pionowa odległość od płaszczyzny podstawowej do górnej krawędzi pokładnika najwyższego ciągłego pokładu, mierzona w płaszczyźnie owręza przy burcie. Na statkach z zaoblonym połączeniem mocnicy pokładowej z mocnicą burtową wysokość boczną należy mierzyć do punktu przecięcia się przedłużenia linii pokładu z przedłużeniem linii burty.

Jeżeli pokład górny ma uskok, a przez punkt, w którym ustala się wysokość boczną przebiega wyższa część pokładu, to wysokość boczną należy mierzyć od linii odniesienia stanowiącej przedłużenie niższej części pokładu równoległe do części wyższej.

k – *współczynnik materiałowy* – współczynnik zależny od granicy plastyczności materiału – patrz 2.2.1.

L – *długość statku* – 96% całkowitej długości kadłuba, mierzona w płaszczyźnie wodnicy znajdującej się nad płaszczyzną podstawową na wysokości równej 85% najmniejszej wysokości konstrukcyjnej lub odległości od przedniej krawędzi dziobnicy do osi trzonu sterowego na tej samej wodnicy, gdy odległość ta jest większa. Jeżeli zarys dziobnicy powyżej tej wodnicy w płaszczyźnie symetrii jest wklęsły, wówczas zarówno dziobowy kraniec całkowitej długości kadłuba, jak i przednia krawędź dziobnicy powinny być wyznaczone przez pionowy rzut na tę płaszczyznę najdalej ku rufie wysuniętego punktu zarysu dziobnicy, leżącego ponad tą wodnicą (patrz rys. 1.2.2). Na statkach z przegłębieniem konstrukcyjnym, wodnica, na której ta długość jest mierzona, powinna być równoległa do wodnicy konstrukcyjnej.



Rys. 1.2.2. Definicja długości statku L dla statków z nietypowym zarysem dziobnicy

L_{PP} – *długość między pionami* [m] – odległość między pionem dziobowym a pionem rufowym.

LW – *długość statku mierzona na letniej wodnicy ładunkowej* [m] – odległość mierzona w płaszczyźnie letniej wodnicy ładunkowej od przedniej krawędzi dziobnicy do punktu przecięcia się wodnicy z tylną krawędzią kosza rufowego (pawężą).

L_0 – długość obliczeniowa statku (długość przepisowa), [m] – odległość mierzona w płaszczyźnie wodnicy odpowiadającej zanurzeniu obliczeniowemu T_S , od przedniej krawędzi dziobnicy do rufowej krawędzi ramienia sterowego lub do osi trzonu sterowego – jeżeli nie zastosowano ramienia sterowego. Przyjęta wartość L_0 powinna być jednak nie mniejsza niż 96% długości całkowitej kadłuba mierzonej w płaszczyźnie wodnicy odpowiadającej zanurzeniu obliczeniowemu T_S , lecz nie musi przekraczać 97% tej długości. W przypadku statku o nietypowym kształcie dziobu lub rufy długość L_0 należy określić w uzgodnieniu z PRS.

PD – pion dziobowy – linia pionowa w płaszczyźnie symetrii statku przechodząca przez punkt przecięcia wodnicy odpowiadającej zanurzeniu obliczeniowemu T_S statku, z przednią krawędzią dziobnicy. Dla statków o nietypowym kształcie dziobu położenie pionu dziobowego należy określić w uzgodnieniu z PRS.

PP – płaszczyzna podstawowa – płaszczyzna pozioma przechodząca na owrężu przez górną krawędź stępki płaskiej lub przez punkt styku wewnętrznej powierzchni poszycia ze stępką belkową.

PR – pion rufowy – linia pionowa w płaszczyźnie symetrii statku, leżąca w odległości L_0 od pionu dziobowego, w kierunku rufy.

PS – płaszczyzna symetrii statku.

R_e – granica plastyczności materiału [MPa] – patrz oznaczenia w Części IX – Materiały i spawanie.

T – zanurzenie, [m] – pionowa odległość od płaszczyzny podstawowej do letniej wodnicy ładunkowej mierzona w płaszczyźnie owręża.

T_S – zanurzenie obliczeniowe [m] – zanurzenie odpowiadające pełnemu załadowaniu statku, przyjęte do ustalenia obciążeń obliczeniowych, przy których spełnione są wymagania niniejszych Przepisów dotyczące wytrzymałości elementów konstrukcji kadłuba. Wartość T_S nie może być mniejsza od zanurzenia T i od wartości zanurzenia odpowiadającego zastosowanej wartości wolnej burty statku.

V – objętość konstrukcyjna [m³] – objętość bryły kadłuba statku wyznaczonej przez zewnętrzne krawędzie wręgów przy zanurzeniu T .

V_S – objętość konstrukcyjna przy zanurzeniu obliczeniowym [m³] – objętość bryły kadłuba statku wyznaczonej przez zewnętrzne krawędzie wręgów przy zanurzeniu T_S .

x, y, z – współrzędne punktu na statku [m] – patrz 1.2.3.

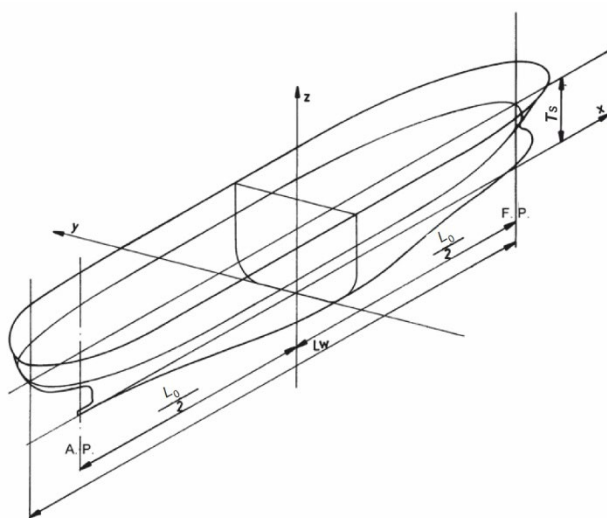
δ – współczynnik pełnotliwości kadłuba – współczynnik bezwymiarowy, będący miarą objętości kadłuba poniżej wodnicy odpowiadającej zanurzeniu T_S , określany wg wzoru:

$$\delta = \frac{V_S}{L_0 B_S T_S}$$

v – prędkość statku [węzły] – maksymalna prędkość eksploatacyjna statku przy zanurzeniu T .

1.2.3 Układ współrzędnych

1.2.3.1 W niniejszej części Przepisów przyjęto dla statku układ współrzędnych pokazany na rysunku 1.2.3.1, w którym płaszczyznami odniesienia są: płaszczyzna podstawowa, płaszczyzna symetrii oraz owręże.



Rys. 1.2.3.1. Układ współrzędnych

Oś x , o zwrocie dodatnim ku dziobowi, wyznaczona jest przez linię przecięcia płaszczyzny symetrii z płaszczyzną podstawową.

Oś y , o zwrocie dodatnim ku lewej burcie, wyznaczona jest przez linię przecięcia płaszczyzny podstawowej z owrężem.

Oś z , o zwrocie dodatnim ku górze, wyznaczona jest przez linię przecięcia płaszczyzny symetrii z płaszczyzną owręża.

1.2.3.2 W niniejszej części *Przepisów* stosowane są również inne, opisane oddzielnie układy współrzędnych statku.

1.2.4 Określenia ogólne

Konstrukcyjna linia pokładu – linia przenikania powierzchni wyznaczonych przez zewnętrzne krawędzie pokładników i wręgów burtowych. W przypadku zastosowania zaokrąglonego przejścia mocnicy burtowej w mocnicę pokładową jest to linia przenikania przedłużeń tych powierzchni, bez uwzględniania zaokrąglenia.

Letnia wodnica ładunkowa – wodnica odpowiadająca letniej linii ładunkowej, wyznaczonej zgodnie z przepisami *Międzynarodowej konwencji o liniach ładunkowych, 1966*.

Nadbudowa – nadbudówka lub pokładówka.

Nadbudówka – przykryta pokładem nadbudowa na pokładzie wolnej burty, która rozciąga się od burty do burty lub której ściany boczne oddalone są od burt statku o nie więcej niż $0,04B$.

W zależności od położenia nadbudówki po długości statku, stosowane są niżej wymienione określenia:

Dziobówka – nadbudówka rozciągająca się od dziobu w kierunku owręża.

Rufówka – nadbudówka rozciągająca się od rufy w kierunku owręża.

Średniówka – nadbudówka leżąca częściowo lub w całości w środkowej części statku; może się ona łączyć z dziobówką lub rufówką.

Największe zanurzenie podziałowe – zanurzenie statku do letniej wodnicy ładunkowej.

Owreże – krzywa powstała przez przecięcie powierzchni kadłuba statku w środku jego długości obliczeniowej L_0 z płaszczyzną poprzeczną, prostopadłą do płaszczyzny symetrii statku.

Platforma – konstrukcja rozciągająca się na części długości lub szerokości statku, podobna do pokładu dolnego, ale nie musi być szczelna.

Pokład dolny, międzypokład – pokład położony poniżej pokładu górnego. Przy istnieniu kilku pokładów dolnych z reguły określa się je kolejno, np. licząc od pokładu górnego do dna: drugi pokład, trzeci pokład, itd.

Pokład górny – najwyżej położony pokład rozciągający się na całej długości statku.

Pokład grodziowy – najwyżej położony pokład, do którego doprowadzone są główne poprzeczne grodzie wodoszczelne (patrz wymagania rezolucji MSC.421(98), p. 7 oraz rezolucji MSC.429(98)/Rev.2, - Znowelizowane objaśnienia do Rozdziału II-1: Budowa – konstrukcja, niezatapialność i stateczność and Revised Explanatory Notes to the SOLAS Chapter II-1 Subdivision and Damage Stability Regulation).

Pokład nadbudowy – pokład ograniczający nadbudowę od góry. Jeżeli nadbudowa ma kilka kondygnacji, określa się je kolejno, licząc od pokładu górnego, np. pokład I kondygnacji, pokład II kondygnacji itd.

Pokład pogodowy – każdy otwarty pokład oraz każda część pokładu, która może podlegać oddziaływaniu morza i wpływowi atmosferycznym.

Pokład wolnej burty – pokład, od którego mierzona jest wolna burta obliczana zgodnie z Międzynarodową konwencją o liniach ładunkowych, 1966.

Pokład wytrzymałościowy – pokład górny. W części, gdzie jest on przykryty średniówką o długości nie mniejszej niż $3(0,5B + h)$, za pokład wytrzymałościowy na tej długości należy uważać pokład średniówki (h – odległość pomiędzy pokładem górnym a rozważanym pokładem średniówki, [m]). Za pokład wytrzymałościowy może być uznany także inny pokład w określonym rejonie długości statku, po odrębnym rozpatrzeniu przez PRS wytrzymałości burt na ścinanie.

Pokładówka – przykryta pokładem nadbudowa na pokładzie wolnej burty (lub nadbudówki), której ściany boczne (jedna lub obydwie) oddalone są od burt statku o więcej niż $0,04B$.

Przedziały maszynowe – patrz definicja w Części V Przepisów.

Skrajna część statku – część statku o współrzędnych $x < -0,4L_0$ lub $x > 0,4L_0$. Jeżeli rozpatrywany przedział skrajnej części statku ma inną długość, to każdorazowo podano jego współrzędne.

Środkowa część statku – symetryczna względem płaszczyzny owreża część statku o długości $0,4L_0$ (przedział o współrzędnych: $-0,2L_0 < x < 0,2L_0$). Jeżeli rozpatrywany przedział środkowej części statku ma inną długość, to każdorazowo podano jego współrzędne.

1.2.5 Określenia elementów konstrukcji

Gródź przelewowa – gródź w zbiorniku, częściowa lub z otworami.

Gródź wodoszczelna – gródź poprzeczna, dzieląca kadłub na przedziały wodoszczelne.

Konstrukcja burty – poszycie zewnętrzne wraz z usztywnieniami i wiązarami pomiędzy najwyższym pokładem sięgającym do burty a górną krawędzią obła w przypadku dna pojedynczego lub poszyciem dna wewnętrznego w przypadku dna podwójnego.

Konstrukcja grodzi – poszycie grodzi wzdłużnej lub poprzecznej wraz z usztywnieniami i wiązarami.

Konstrukcja dna pojedynczego – poszycie zewnętrzne wraz z usztywnieniami i wiązarami poniżej górnej krawędzi obła.

Konstrukcja dna podwójnego – poszycie dna zewnętrznego i wewnętrznego wraz z usztywnieniami i wiązarami pomiędzy tymi poszyciami.

Konstrukcja nadbudówki (pokładówki) – poszycie pokładu i ścian nadbudówki (pokładówki) wraz z usztywnieniami i wiązarami.

Konstrukcja pokładu – poszycie pokładu wraz z usztywnieniami i wiązarami.

Strugoszczelny – określenie mające zastosowanie do zamknięć otworów w części nadwodnej statku i oznaczające, że przy każdym możliwym działaniu morza woda nie przenika przez te otwory.

Usztywnienia – ogólna nazwa wiązań podpierających bezpośrednio płyty poszyc.

Wiązania – ogólna nazwa takich elementów konstrukcji kadłuba jak poszycia, usztywnienia poszyc i wiązary.

Wiązar zwykły – wiązar, dla którego znane są z wystarczającą dokładnością warunki zamocowania końców i który dlatego może być rozpatrywany jako izolowany z układu związanych z nim wiązarów.

Wiązary – ogólna nazwa wiązań podpierających usztywnienia lub układy usztywnień.

Wodoszczelny – zdolny do powstrzymania przenikania wody w każdym kierunku pod ciśnieniem słupa wody, który może wystąpić w warunkach statku nieuszkodzonego lub uszkodzonego.

Wręgi główne – wręgi burtowe umiejscowione poza rejonem skrajników, połączone z dennikami lub dnem podwójnym i doprowadzone do najniższej położonego pokładu lub wzdłużnika na burcie, jeżeli jest on liczony jako podparcie wręgów.

Wręgi międzypokładzia – wręgi znajdujące się między podpierającymi je wzdłużnikami burtoowymi, wzdłużnikiem i najbliższym pokładem lub między pokładami, łącznie z pokładami nadbudówek.

W dalszym tekście niniejszej części *Przepisów* zamiennie z ogólnymi nazwami wiązań zdefiniowanymi powyżej (wiązar, usztywnienie) stosuje się nazwy tradycyjne, wynikające z usytuowania i funkcji wiązania (np. wręg, wręg wzdłużny, pokładnik, wzdłużnik, dennik).

1.2.6 Inne oznaczenia i określenia

Oznaczenia i określenia niemające charakteru ogólnego, występujące w poszczególnych rozdziałach lub podrozdziałach, są wymienione i objaśnione w tych rozdziałach i podrozdziałach.

1.3 Nadzór i klasyfikacja

1.3.1 Ogólne zasady dotyczące postępowania klasyfikacyjnego, nadzoru nad budową i przeprowadzania przeglądów podane są w Części I – *Zasady klasyfikacji*.

1.3.2 Nadzorowi w czasie budowy podlega cała konstrukcja kadłuba wraz z:

- nadbudówkami i pokładówkami,
- szybami i tunelami wałów śrubowych,
- fundamentami silników głównych i kotłów,
- fundamentami silników i mechanizmów pomocniczych oraz urządzeń podlegających nadzorowi,
- wspornikami wałów, dyszami nieobrotowymi,

- zrębnicami, zejściówkami i innymi konstrukcjami ograniczającymi otwory w kadłubie,
- ruchomymi rampami i platformami.

1.3.3 Konstrukcje wymienione w 1.3.2 podlegają w czasie budowy kontroli pod względem:

- zgodności z zatwierdzoną dokumentacją techniczną,
- spełnienia wymagań niniejszej części *Przepisów* w zakresie niewidocznym w dokumentacji technicznej,
- spełnienia mających zastosowanie wymagań *Części IX – Materiały i spawanie*.

1.3.4 Kadłuby wszystkich statków w czasie budowy należy poddać próbom szczelności i wytrzymałości w zakresie i metodami określonymi w *Publikacji 21/P – Próby konstrukcji kadłubów okrętowych*.

1.3.5 Zagadnienia związane z drganiami kadłuba podlegają nadzorowi PRS na zasadach podanych w *Publikacji 2/I – Zapobieganie drganiom na statkach*.

1.3.6 Dla statków z dodatkowym znakiem **PAC** w symbolu klasy, nadawanym zgodnie z 2.4.4, należy przedłożyć do zatwierdzenia pełną dokumentację systemu ochrony przed korozją, a na rysunkach konstrukcyjnych należy podać wymiary wiązań z doliczonymi naddatkami korozyjnymi oraz bez tych naddatków.

1.4 Dokumentacja techniczna

1.4.1 Dokumentacja klasyfikacyjna statku w budowie

Przed rozpoczęciem budowy kadłuba należy przedstawić Centrali PRS do rozpatrzenia i zatwierdzenia dokumentację wymienioną w 1.4.2 w zakresie zależnym od rodzaju statku, jego urządzeń i wyposażenia. PRS może rozszerzyć zakres tej dokumentacji po zapoznaniu się z opisem technicznym i planem ogólnym statku.

1.4.2 Dokumentacja kadłubowa

- 1.1** Dane dotyczące wytrzymałości wzdłużnej, strefowej i miejscowej:
 - podstawowe dane teoretyczne: linie teoretyczne, krzywe hydrostatyczne,
 - masa statku pustego wraz z jej rozkładem na długości statku,
 - przewidywane stany załadowania oraz rozkłady mas ładunku i zapasów na statku,
 - obliczenia największych momentów zginających i sił poprzecznych działających w przekrojach kadłuba na wodzie spokojnej,
 - najmniejsze i największe zanurzenie statku w eksploatacji oraz odpowiednie przegłębienia,
 - obciążenie pokładów, pokryw lukowych i dna wewnętrznego, jeśli jest różne od podanego w *Przepisach*,
 - rodzaj oraz gęstość i kąt usypu suchych ładunków masowych,
 - maksymalna gęstość ładunków przewidzianych do przewozu w zbiornikach,
 - wysokości rur odpowietrzających, mierzone od szczytów zbiorników lub od pokładów, ponad które rury te zostały wyprowadzone,
 - masy ciężkich składników wyposażenia maszynowego,
 - inne miejscowe obciążenia lub siły działające na konstrukcję kadłuba;
 - opis zakładanych zmian sposobu zabalastowania statku podczas rejsu i opis związanych z tym ograniczeń pogodowych.
- 1.2** Zład poprzeczny z charakterystycznymi przekrojami, z podanymi głównymi wymiarami statku, pełnym wnioskowanym symbolem klasy, wskaźnikiem wyposażenia i innymi danymi, jak prędkość, liczba członków załogi i pasażerów.

- .3 Zład wzdłużny z podanymi odstępami wręgowymi, położeniem grodzi wodoszczelnych, podpór, nadbudówek i pokładówek.
- .4 Rozwinięcie poszycia, uwzględniające rozmieszczenie wiązarów, usztywnień, grodzi, pokładów i platform, a także rozmieszczenie i wymiary otworów w poszyciu; na rysunku powinien być zaznaczony zasięg płaskiej części dna w części dziobowej.
- .5 Rysunki konstrukcyjne pokładów i platform, uwzględniające rozmieszczenie i wymiary otworów.
- .6 Rysunek konstrukcyjny dna podwójnego.
- .7 Rysunki konstrukcyjne grodzi wzdłużnych i poprzecznych oraz grodzi zbiorników z uwzględnieniem wysokości rur przelewowych i odpowietrzających dla zbiorników.
- .8 Rysunki konstrukcyjne przedziału maszynowego z uwzględnieniem fundamentów silników głównych i kotłów oraz konstrukcji dna pod nimi, zbiorników, podpór, wzmocnień, np. górnego mocowania silnika; należy podać typ i moc silnika oraz uwzględnić wytyczne producenta dotyczące fundamentowania; należy podać wysokość rur przelewowych i odpowietrzających zbiorników.
- .9 Zład części rufowej i tylnica z podaniem odległości śruby od tylnicy i steru.
- .10 Zład części dziobowej i dziobnica.
- .11 Rysunki konstrukcyjne wsporników i wyjść wałów śrubowych, zawieszenia steru oraz nieobrotowych dysz śrub napędowych.
- .12 Rysunki konstrukcyjne nadbudówek i pokładówek.
- .13 Dokumentacja technologiczna:
 - tabela spawania kadłuba, o ile na rysunkach konstrukcyjnych nie podano wszystkich wymiarów spoin i danych dotyczących spawania.
- .14 Plan malowania zbiorników balastowych.

Ponadto należy przedstawić:

- .15 Dla statków poziomego ładowania:
 - plan rozmieszczenia i mocowania przewożonych pojazdów, z podaniem maksymalnego obciążenia osi oraz sił występujących w gniazdach i zaczepach przewidzianych dla osprzętu do mocowania pojazdów;
 - typ i dane dotyczące pojazdów do wykonywania prac przeładunkowych, z podaniem obciążeń osi, danych szczegółowych kół i ich odcisku.
- .16 Dla statków przewożących kontenery:
 - plan rozmieszczenia kontenerów wraz z danymi o ich maksymalnej masie i standardzie wytrzymałościowym;
 - plan mocowania kontenerów, w tym gniazd, odciągów i podparć;
 - rysunki konstrukcji podpierających, w tym prowadnic kontenerów i przyległej konstrukcji kadłuba oraz gniazd kontenerowych i innych podparć z niezbędnymi wzmocnieniami konstrukcji kadłuba;
 - obliczenia maksymalnych sił i naprężeń w podparciach kontenerów, w przyległej konstrukcji kadłuba, prowadnicach, odciągach, itp.
- .17 Dla pogłębiarek:
 - plan rozmieszczenia wyposażenia pogłębiarskiego i instalacji;
 - rysunek konstrukcji podpierających i wzmocnień kadłuba.
- .18 Dla żurawi pływających:
 - plan usytuowania urządzenia dźwignicowego w warunkach roboczych i w pozycji spoczynkowej, z podaniem sił przenoszonych na konstrukcję kadłuba;
 - plan mocowania urządzenia dźwignicowego do kadłuba w pozycji podróźnej;
 - rysunki konstrukcji podpierających i wzmocnień kadłuba w rejonie podparć;

- plan montażu pokazujący główne wymiary urządzenia dźwignicowego i skrajne położenia jego ruchomych części;
 - obliczenia, na podstawie których określone są wymiary wiązań kadłuba, łącznie z informacją dotyczącą obciążeń mogących wpływać na zmęczenie materiału.
- .19** Dla statków cumujących w morzu do innych statków:
- dane o środkach amortyzujących uderzenia kadłubów.
- .20** Dla statków efektywnych energetycznie zakres i sposób zatwierdzania dokumentacji kadłubowej są określone w 28.1.2.
- .21** Dla statków (również pontonów, barek) przewożących na swoim pokładzie nietypowe ładunki stwarzające potencjalne problemy (wymagania *Kodeksu CSS*):
- stan załadowania i określenie stateczności jednostki;
 - plan rozmieszczenia, posadowienia i mocowania ładunków z podaniem ich gabarytów, powierzchni nawiewu, masy i położenia środka ciężkości, usytuowania na pontonie samego ładunku oraz proponowanych mocowań, obliczenie przyspieszeń wg rozdziału 17 oraz sił i momentów działający na ładunek;
 - plan mocowania ładunku wraz ze sposobem i doбором osprzętu mocującego, podaniem informacji o minimalnym obciążeniu niszczącym wyrób, MSL (Maximum Securing Load) oraz maksymalnych reakcjach działających na osprzęt mocujący i w zamocowaniu;
 - rysunki konstrukcyjne wzmocnień konstrukcji w rejonie posadowienia i mocowania ładunku wraz z obliczeniami wytrzymałościowymi.

1.4.3 Dokumentacja klasyfikacyjna statku w przebudowie

Przed przystąpieniem do przebudowy statku należy przedstawić Centrali PRS do rozpatrzenia i zatwierdzenia dokumentację tych części kadłuba statku, które ulegają przebudowie.

1.4.4 Dokumentacja wykonawcza statku

Po zatwierdzeniu dokumentacji klasyfikacyjnej przez Centralę PRS należy przedłożyć właściwej Placówce lub Agencji PRS do rozpatrzenia i uzgodnienia dokumentację wykonawczą:

- schemat podziału kadłuba na sekcje i bloki oraz plan kolejności montażu,
- plan badań nieniszczących złączy spawanych,
- plan prób szczelności kadłuba,
- rysunki przejść rurociągów, kanałów wentylacyjnych i kabli przez poszycie kadłuba, dno, pokłady, grodzie, wiązania ramowe itp.,
- rysunki wzmocnień lokalnych pod urządzeniami i mechanizmami, niepokazane w dokumentacji klasyfikacyjnej,
- opis, rysunki i programy prób nowatorskich procesów technologicznych, rozwiązań węzłów konstrukcyjnych i zastosowanych materiałów,
- program prób na uwięzi i w morzu.

1.4.5 Dokumentacja przechowywana na statku

1.4.5.1 Statki powinny być wyposażone w komplet dokumentacji klasyfikacyjnej uwzględniającej zmiany konstrukcyjne dokonane w trakcie budowy lub w późniejszym czasie. Taką samą dokumentację powinien przechowywać armator statku (patrz także SOLAS II-1, правило 3-7).

1.4.5.2 Wszystkie zbiornikowce olejowe o nośności 5000 ton i większej powinny posiadać szybki dostęp do programów komputerowych umiejscowionych na lądzie, służących do obliczania stateczności i wytrzymałości konstrukcji w stanie uszkodzonym (patrz MARPOL, Załącznik I, правило 37).

1.4.6 Numer identyfikacyjny statku

Dokumenty, w które ma być wyposażony statek zgodnie z wymaganiami konwencji opracowanych przez IMO, powinny być oznaczone numerem identyfikacyjnym wg przyjętego przez IMO systemu numeracji (patrz także SOLAS XI-1, правило 3).

1.5 Wymagania ergonomiczne

1.5.1 Kształt kadłuba, układ konstrukcyjny kadłuba i nadbudówek, wymiary projektowe wiązań i usztywnień oraz zastosowane pokrycia tłumiące powinny być tak dobrane, aby zapewnione było spełnienie wymagań odnośnie ochrony zdrowia i bezpieczeństwa osób przebywających na statku, a także komfort i wydajność ich pracy, biorąc pod uwagę zagrożenie wibracją, hałasem oraz dostęp i możliwość wyjścia z pomieszczeń oraz obsługę urządzeń.

1.5.2 Dokładne zalecenia w tym zakresie wraz ze standardami mającymi zastosowanie podane są w IACS Recommendation No. 132 *Human Element Recommendations for structural design of lighting, ventilation, vibration, noise, access & egress arrangements*.

2 MATERIAŁY I OCHRONA PRZED KOROZJĄ

2.1 Zasady ogólne

Materiały przeznaczone na konstrukcje objęte wymaganiami niniejszej części *Przepisów* powinny spełniać wymagania *Części IX – Materiały i spawanie*. Dodatkowe wymagania odnoszące się do gazowców podane są w *Publikacji 48/P – Wymagania dla gazowców*.

2.2 Stal kadłubowa

2.2.1 Stal o zwykłej i podwyższonej wytrzymałości

2.2.1.1 Na elementy konstrukcji kadłuba przewiduje się zastosowanie stali kadłubowej o zwykłej wytrzymałości NW oraz o podwyższonej wytrzymałości PW 32, PW 36 i PW 40.

2.2.1.2 W tabeli 2.2.1.2 podano przyjęte oznaczenia stali kadłubowych, podział na kategorie i odpowiadające im wartości granicy plastyczności R_e (zgodnie z tabelami 3.6.2-1 i 3.6.2-2 z *Części IX – Materiały i spawanie*) oraz wartości współczynników materiałowych k .

Tabela 2.2.1.2

Oznaczenie	Kategoria stali				R_e [MPa]	k
	A	B	D	E		
NW	A	B	D	E	235	1,00
PW32	AH32	–	DH32	EH32	315	1,28
PW36	AH36	–	DH36	EH36	355	1,39
PW40	AH40	–	DH40	EH40	390	1,47 / 1,52 ^(*)

^(*) 1,52 dla stali o współczynniku $R_e = 390 \text{ N/mm}^2$, jeśli została wykonana analiza zmęczeniowa konstrukcji w celu sprawdzenia zgodności z wymaganiami PRS.

2.2.1.3 Materiały stosowane w elementach wytrzymałościowych konstrukcji niepodlegających oddziaływaniu niskich temperatur (patrz punkt 2.2.1.4) powinny być kategorii nie niższej niż podano w tabelach 2.2.1.3-1 do 2.2.1.3-6.

Wymagania ogólne podano w tabeli 2.2.1.3-1. Dodatkowe wymagania minimalne dotyczące statków o długościach większych niż 150 m lub 250 m, masowców podlegających wymaganiom SOLAS XII/6.4.3 oraz statków ze wzmocnieniami lodowymi, podano w tabelach 2.2.1.3-2 do 2.2.1.3-5.

Wymagania dotyczące kategorii materiałów na elementy konstrukcji kadłuba w zależności od grupy wiązań i grubości elementu zostały określone w tabeli 2.2.1.3-6.

Tabela 2.2.1.3-1
Grupy wiązań i kategorie materiałów

Elementy konstrukcyjne	Grupa wiązań lub kategoria
DRUGORZĘDNE: A1. Pasy poszycia grodzi wzdłużnej inne niż należące do elementów głównych A2. Poszycie pokładu otwartego inne niż należące do elementów głównych lub specjalnych A3. Poszycie burt	– Grupa I w rejonie 0,4L w środkowej części statku – Kategoria A/AH poza rejonem 0,4L w środkowej części statku

Elementy konstrukcyjne	Grupa wiązań lub kategoria
<p>GŁÓWNE:</p> <p>B1. Poszycie dna łącznie ze stępką płaską</p> <p>B2. Poszycie pokładu wytrzymałościowego, wyłączając poszycie należące do elementów specjalnych</p> <p>B3. Ciągłe elementy wzdłużne usztywnień powyżej pokładu wytrzymałościowego, wyłączając zrębnice luków (dotyczy statków o długości $L_0 \geq 90$ m)</p> <p>B4. Górny pas poszycia grodzi wzdłużnej</p> <p>B5. Pas pionowy (w płaszczyźnie wzdłużnej zrębnicy luku) oraz górny pas pochylej ściany poszycia zbiornika szczytowego</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Grupa II w rejonie 0,4L w środkowej części statku - Kategoria A/AH poza rejonem 0,4L w środkowej części statku
<p>SPECJALNE:</p> <p>C1. Mocnica burtowa przy pokładzie wytrzymałościowym (*)</p> <p>C2. Mocnica pokładowa pokładu wytrzymałościowego (*)</p> <p>C3. Pas pokładu przy grodzi wzdłużnej (nie dotyczy pasa pokładu przy burcie wewnętrznej statków z burtą podwójną) (*)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Grupa III w rejonie 0,4L w środkowej części statku - Grupa II poza rejonem 0,4L w środkowej części statku - Grupa I poza rejonem 0,6L w środkowej części statku
C4. Poszycie pokładu wytrzymałościowego w zewnętrznych narożach otworów lukowych na kontenerowcach i innych statkach posiadających podobny układ otworów lukowych	<ul style="list-style-type: none"> - Grupa III w całej ładunkowej części statku; poza częścią ładunkową wymagane grupy wiązań ustalić tak jak dla pozycji C1 ÷ C3
C5. Poszycie pokładu wytrzymałościowego w narożach otworów lukowych na masowcach, rudowcach, statkach kombinowanych i innych statkach posiadających podobny układ otworów lukowych	<ul style="list-style-type: none"> - Grupa III w rejonie 0,6L w środkowej części statku - Grupa II w pozostałej ładunkowej części statku
C6. Pas obłowy poszycia na statkach o długości mniejszej niż 150 m, z dnem podwójnym na całej szerokości (*)	<ul style="list-style-type: none"> - Grupa II w rejonie 0,6L w środkowej części statku - Grupa I poza rejonem 0,6L w środkowej części statku
C7. Pas obłowy poszycia na statkach innych niż określone w punkcie C6 (*)	<ul style="list-style-type: none"> - Grupa III w rejonie 0,4L w środkowej części statku - Grupa II poza rejonem 0,4L w środkowej części statku - Grupa I poza rejonem 0,6L w środkowej części statku
C8. Wzdłużne zrębnice luków o długości większej niż $0,15L_0$, łącznie z usztywnieniem górnej krawędzi zrębnicy	<ul style="list-style-type: none"> - Grupa III w rejonie 0,4L w środkowej części statku - Grupa II poza rejonem 0,4L w środkowej części statku
C9. Końcowe węzłówki zrębnic luków ładunkowych lub konstrukcje będące kontynuacją zrębnic w pokładówkach	<ul style="list-style-type: none"> - Grupa I poza rejonem 0,6L w środkowej części statku - Zastosowana kategoria stali powinna być nie niższa niż D/DH

(*) Pojedyncze pasy blach w rejonie 0,4L w środkowej części statku, należące do grupy III, powinny mieć szerokość nie mniejszą niż $800 + 5L_0$ [mm] (ale nie muszą być szersze niż 1800 mm) – chyba, że spełnienie powyższych wymagań nie jest możliwe z powodu geometrii konstrukcji statku.

Tabela 2.2.1.3-2
Minimalne kategorie stali dla statków o długości większej niż 150 m,
z jednym ciągłym pokładem wytrzymałościowym

Elementy konstrukcyjne	Kategoria stali
Podłużne elementy poszycia pokładu wytrzymałościowego, uwzględniane w obliczeniach wytrzymałości wzdłużnej. Ciągłe elementy konstrukcji powyżej pokładu wytrzymałościowego, uwzględniane w wytrzymałości wzdłużnej	Kategoria B/AH w rejonie 0,4L w środkowej części statku
Pasy poszycia pojedynczych burt na statkach bez ciągłych grodzi wzdłużnych o zasięgu pionowym od dna do pokładu wytrzymałościowego	Kategoria B/AH w ładunkowej części kadłuba statku

Tabela 2.2.1.3-3
Minimalne kategorie stali dla statków o długości większej niż 250 m

Elementy konstrukcyjne	Kategoria stali
Mocnica burtowa przy pokładzie wytrzymałościowym ^(*)	Kategoria E/EH w rejonie 0,4L w środkowej części statku
Mocnica pokładu wytrzymałościowego ^(*)	Kategoria E/EH w rejonie 0,4L w środkowej części statku
Pas obłowy poszycia ^(*)	Kategoria D/DH w rejonie 0,4L w środkowej części statku

(*) Pojedyncze pasy blach, gdzie wymagana jest kategoria stali D/DH lub E/EH jak pokazano w powyższej tabeli oraz w rejonie 0,4L w środkowej części statku powinny mieć szerokość nie mniejszą niż $800 + 5L$ [mm] (ale nie muszą być szersze niż 1800 mm) – chyba że spełnienie powyższych wymagań nie jest możliwe z powodu geometrii konstrukcji.

Pojedyncze pasy, które muszą być klasy D/DH lub klasy E/EH jak pokazano w powyższej tabeli oraz w obrębie 0,4L na śródkręciu, powinny mieć szerokość nie mniejszą niż $800 + 5L$ [mm] (jednakże nie musi być większa niż 1800 mm) – o ile nie ogranicza geometria konstrukcji statku.

Tabela 2.2.1.3-4
Minimalne kategorie stali dla masowców z burtami pojedynczymi,
podlegających wymaganiom SOLAS-XII/6.4

Elementy konstrukcyjne	Kategoria stali
Dolne węzłówki wręgów zwykłych ^(*) ^(**)	Kategoria D/DH
Pasy poszycia burt, usytuowane w całości lub częściowo w obszarze, którego dolna krawędź leży w odległości $0,125h$ poniżej, a górna krawędź – $0,125h$ powyżej krawędzi przecięcia burty z pochyłą ścianą zbiornika obłowego albo z poszyciem dna wewnętrznego ^(**)	Kategoria D/DH

(*) „Dolna węzłówka” to środek węzłówki i środek dolnej części wręgu do poziomu $0,125h$ powyżej krawędzi przecięcia burty z pochyłą ścianą zbiornika obłowego albo z poszyciem dna wewnętrznego.

(**) Rozpiętość wręgów h oznacza odległość pomiędzy konstrukcjami podpierającymi wręg (patrz h na rys. 20.5.4-1).

Tabela 2.2.1.3-5
Minimalne kategorie stali statków ze wzmocnieniami lodowymi

Elementy konstrukcyjne	Kategoria stali
Pasy poszycia burt w obszarze, gdzie wymagane jest zastosowanie wzmocnień lodowych poszycia	Kategoria B/AH

W przypadku elementów wytrzymałościowych niewymienionych w tabelach 2.2.1.3-1 do 2.2.1.3-5 można generalnie stosować materiał kategorii A/AH. Kategoria stali powinna być odpowiednia dla rzeczywistej grubości płyty (jeśli jest ona większa od grubości wymaganej w niniejszej części *Przepisów*) i grupy wiązań.

Tabela 2.2.1.3-6
Wymagania dotyczące kategorii materiałów dla grup wiązań I, II i III

Grupa wiązań	I		II		III	
	NW	PW	NW	PW	NW	PW
Grubość elementu [mm]						
$t \leq 15$	A	AH	A	AH	A	AH
$15 < t \leq 20$	A	AH	A	AH	B	AH
$20 < t \leq 25$	A	AH	B	AH	D	DH
$25 < t \leq 30$	A	AH	D	DH	D	DH
$30 < t \leq 35$	B	AH	D	DH	E	EH
$35 < t \leq 40$	B	AH	D	DH	E	EH
$40 < t \leq 50$	D	DH	E	EH	E	EH

Materiał poszycia na tylnice, stery, wsporniki steru i wsporniki wału powinien generalnie posiadać kategorię odpowiadającą co najmniej grupie wiązań II. W przypadku steru i płyt płetwy sterowej narażonych na koncentrację naprężeń (np. w rejonie dolnego podparcia sterów półpodwieszonych lub w górnej części sterów podwieszonych) należy zastosować materiał odpowiadający grupie wiązań III.

2.2.1.4 Materiały podlegające oddziaływaniu niskich temperatur na konstrukcje statków pływających w rejonach o temperaturze powietrza -10°C i niższej (np. regularna żegluga zimą po wodach Arktyki lub Antarktydy) powinny być dobierane w zależności od projektowej temperatury konstrukcji t_p , określonej w 2.2.4.

Materiały na elementy wytrzymałościowe położone powyżej najniższej balastowej linii wodnej (BWL) i wystawione na oddziaływanie powietrza (włącznie elementami konstrukcji objętymi *Uwagą 5* do tabeli 2.2.1.4-1) oraz materiały poszycia ścian zbiorników ładunkowych, do których ma zastosowanie podrozdział 2.2.5, powinny być kategorii nie niższych niż te odpowiadające grupom materiałowym I, II i III, zależnym od kategorii wiązań zgodnie z tabelą 2.2.1.4-1.

Tabela 2.2.1.4-1
Zastosowanie grup wiązań i kategorii materiałów
w konstrukcjach podlegających działaniu niskich temperatur

Kategoria wiązania	Grupa wiązań	
	W rejonie 0,4L w środkowej części statku	Poza rejonem 0,4L w środkowej części statku
DRUGORZĘDNE: Poszycie pokładu pogodowego, ogółem Poszycie burty powyżej BWL Grodzie poprzeczne powyżej BWL ⁵⁾ Poszycie ścian zbiorników ładunkowych podlegające działaniu zimnych ładunków ⁶⁾	I	I
GŁÓWNE: Poszycie pokładu wytrzymałościowego ¹⁾ Ciągłe wiązania wzdłużne powyżej pokładu wytrzymałościowego, z wyjątkiem wzdłużnych ścian zrębnic luków Gródź wzdłużna powyżej BWL ⁵⁾ Gródź zbiornika wysokiego powyżej BWL ⁵⁾	II	I
SPECJALNE: Mocnica burtowa przy pokładzie wytrzymałościowym ²⁾ Płyta wzdłużnika w pokładzie wytrzymałościowym ²⁾ Mocnica pokładowa przy grodzi wzdłużnej ³⁾ Ciągła wzdłużna zrębica luku ⁴⁾	III	II

¹⁾ Poszycie przy narożach dużych otworów luków będzie podlegać odrębnemu rozpatrzeniu. W miejscach, gdzie możliwe jest występowanie wysokich naprężeń, należy stosować materiały dla grupy III lub kategorię E/EH.

²⁾ Kategoria stali powinna być nie niższa niż E/EH w rejonie 0,4L w środkowej części statków o długości $L > 250$ m.

³⁾ Na statkach o szerokości $B > 70$ m przynajmniej trzy mocnice pokładowe powinny należeć do grupy III.

⁴⁾ Kategoria stali powinna być nie niższa niż D/DH.

⁵⁾ Stosowane do poszycia grodzi, zamocowanego do poszycia kadłuba podlegającego działaniu niskich temperatur. Należy uwzględnić co najmniej jeden pas poszycia o szerokości co najmniej 600 mm w ten sam sposób jak poszycie poddane działaniu niskich temperatur.

⁶⁾ W odniesieniu do poszycia ścian zbiorników ładunkowych, podlegającego działaniu zimnych ładunków na statkach innych niż gazowce, patrz podrozdział 2.2.5.

Wymaganą kategorię materiału elementów niepodlegających działaniu niskich temperatur (z wyjątkami wskazanymi w *Uwadze 5*) i elementów położonych poniżej najniższej balastowej linii wodnej należy określać wg tabel 2.2.1.3-1 do 2.2.1.3-6.

Wymagania dotyczące kategorii materiału na elementy kadłuba każdej grupy w zależności od grubości i temperatury projektowej zostały określone w tabeli 2.2.1.4-2. W przypadku temperatury projektowej $t_p < -55^\circ\text{C}$ materiały podlegają odrębnemu rozpatrzeniu przez PRS.

Pojedyncze pasy poszycia, które – zgodnie z wymaganiami – powinny być grupy III lub kategorii E/EH bądź FH, powinny mieć szerokość co najmniej $800 + 5L_0$ mm. Szerokość ta nie może być większa niż 1800 mm.

Materiały poszycia na tylnice, stery, wsporniki steru i wsporniki wału powinny posiadać kategorię nie niższą niż określona wg 2.2.1.3.

Tabela 2.2.1.4-2
Wymagania dotyczące kategorii materiału dla grup I, II i III –
dla konstrukcji narażonych na niskie temperatury
Grupa I

Grubość płyty w [mm]	-11/-15°C		-16/-25°C		-26/-35°C		-36/-45°C		-46/-55°C	
	NS	HS	NS	HS	NS	HS	NS	HS	NS	HS
$t \leq 10$	A	AH	A	AH	B	AH	D	DH	D	DH
$10 < t \leq 15$	A	AH	B	AH	D	DH	D	DH	D	DH
$15 < t \leq 20$	A	AH	B	AH	D	DH	D	DH	E	EH
$20 < t \leq 25$	B	AH	D	DH	D	DH	D	DH	E	EH
$25 < t \leq 30$	B	AH	D	DH	D	DH	E	EH	E	EH
$30 < t \leq 35$	D	DH	D	DH	D	DH	E	EH	E	EH
$35 < t \leq 45$	D	DH	D	DH	E	EH	E	EH	∅	FH
$45 < t \leq 50$	D	DH	E	EH	E	EH	∅	FH	∅	FH

∅ = nie ma zastosowania

Grupa II

Grubość płyty w [mm]	-11/-15°C		-16/-25°C		-26/-35°C		-36/-45°C		-46/-55°C	
	NS	HS	NS	HS	NS	HS	NS	HS	NS	HS
$t \leq 10$	A	AH	B	AH	D	DH	D	DH	E	EH
$10 < t \leq 20$	B	AH	D	DH	D	DH	E	EH	E	EH
$20 < t \leq 30$	D	DH	D	DH	E	EH	E	EH	∅	FH
$30 < t \leq 40$	D	DH	E	EH	E	EH	∅	FH	∅	FH
$40 < t \leq 45$	E	EH	E	EH	∅	FH	∅	FH	∅	∅
$45 < t \leq 50$	E	EH	E	EH	∅	FH	∅	FH	∅	∅

∅ = nie ma zastosowania

Grupa III

Grubość płyty w [mm]	-11/-15°C		-16/-25°C		-26/-35°C		-36/-45°C		-46/-55°C	
	NS	HS	NS	HS	NS	HS	NS	HS	NS	HS
$t \leq 10$	B	AH	D	DH	D	DH	E	EH	E	EH
$10 < t \leq 20$	D	DH	D	DH	E	EH	E	EH	∅	FH
$20 < t \leq 25$	D	DH	E	EH	E	EH	E	FH	∅	FH
$25 < t \leq 30$	D	DH	E	EH	E	EH	∅	FH	∅	FH
$30 < t \leq 35$	E	EH	E	EH	∅	FH	∅	FH	∅	∅
$35 < t \leq 40$	E	EH	E	EH	∅	FH	∅	FH	∅	∅
$40 < t \leq 50$	E	EH	∅	FH	∅	FH	∅	∅	∅	∅

∅ = nie ma zastosowania

2.2.2 Stal o określonych właściwościach w kierunku grubości materiału

2.2.2.1 Jeżeli płytowy element konstrukcji o grubości przekraczającej 15 mm przenosi znaczne naprężenia w kierunku prostopadłym do swojej powierzchni, a przy tym nie zostały przewidziane rozwiązania konstrukcyjne zapobiegające rozwarstwieniu materiału, to element ten należy wykonać ze stali typu Z.

2.2.2.2 Stal na płyty o grubości co najmniej 15 mm, podlegające obciążeniu rozciągającemu w kierunku prostopadłym do ich powierzchni, powinna odpowiadać wymaganiom dla stali typu Z, podanym w rozdziale 5 z Części IX – *Materiały i spawanie*.

Jeżeli nie uzgodniono inaczej z PRS, płyty należy wykonywać ze stali kadłubowych kategorii E, EH lub FH.

2.2.3 Stal platerowana

W przypadku stosowania stali platerowanej, jej warstwa podstawowa powinna być wykonana ze stali kadłubowej o własnościach mechanicznych nie niższych niż wymagane dla kategorii stali wymienionych w tabelach 2.2.1.3-1 do 2.2.1.3-6.

2.2.4 Projektowa temperatura konstrukcji

2.2.4.1 Za temperaturę projektową t_p należy przyjąć najniższą przeciętną średniodobową temperaturę powietrza w rejonie żeglugi.

Przeciętna – statystyczna średnia z okresu obserwacji (co najmniej 20 lat).

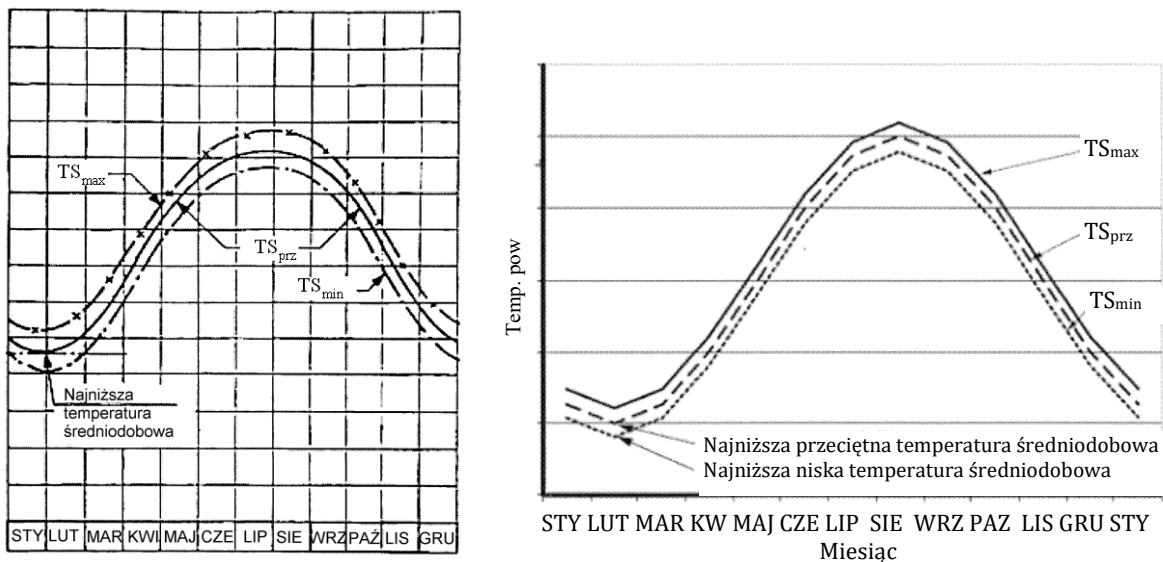
Średniodobowa – przeciętna z jednej doby.

Najniższa – najniższa w ciągu roku.

W przypadku żeglugi ograniczonej sezonowo należy stosować najniższą wartość występującą w okresie żeglugowym.

W celu wystawienia *Świadectwa statku polarnego*, zgodnie z *Kodeksem polarnym* temperatura projektowa t_D nie powinna być wyższa o więcej niż 13°C od temperatury eksploatacji w strefie polarnej (polar service temperature (PST)) danego statku. W regionach polarnych statystyczny średni okres obserwacji powinien wynosić co najmniej 10 lat.

Rys. 2.2.4.1 ilustruje definicję temperatury.



Rys. 2.2.4.1

TS_{max} – najwyższa (maksymalna) temperatura średniodobowa

TS_{prz} – przeciętna temperatura średniodobowa

TS_{min} – najniższa (minimalna) temperatura średniodobowa

2.2.4.2 W przypadku statków posiadających znak wzmocnień lodowych **L1A** lub **L1** w symbolu klasy przyjęta wartość temperatury t_p nie może być wyższa niż -20°C .

2.2.4.3 Za temperaturę projektową konstrukcji znajdujących się wewnątrz pomieszczeń chłodzonych należy przyjąć najniższą temperaturę powietrza t_a , występującą w tych pomieszczeniach.

2.2.4.4 Projektową temperaturę konstrukcji ograniczających pomieszczenia chłodzone należy przyjmować jako równą:

- najniższej temperaturze występującej w pomieszczeniu chłodzonym, jeżeli od strony tego pomieszczenia nie zastosowano izolacji;
- najniższej temperaturze występującej w przyległym pomieszczeniu, jeżeli od strony pomieszczenia chłodzonego zastosowano izolację, a od strony pomieszczenia przyległego jej nie zastosowano;
- średniej najniższej temperaturze w sąsiadujących pomieszczeniach, jeżeli z obu stron konstrukcji zastosowano izolację.

2.2.4.5 W uzasadnionych przypadkach wartości projektowych temperatur konstrukcji mogą być podwyższone.

2.2.5 Ładunki zimne na statkach innych niż gazowce

2.2.5.1 W uzasadnionych przypadkach, można zwiększyć wartości temperatur projektowych. W odniesieniu do statków innych niż gazowce, na które załadowuje się ładunki ciekłe o temperaturze poniżej -10°C , np. z zimnych zbiorników na lądzie w warunkach zimowych, kategoria materiałowa poszycia ścian zbiorników ładunkowych została określona w tabeli 2.2.1.4-2, w oparciu o:

- minimalną projektową temperaturę ładunku t_c w $^{\circ}\text{C}$,
- gatunek stali odpowiadający grupie I, zgodnie z tabelą 2.2.1.4-1.

Minimalną projektową temperaturę ładunku t_c należy określić w *Instrukcji kontroli obciążenia statku*.

2.3 Inne materiały konstrukcyjne

2.3.1 Stopy aluminium

2.3.1.1 Stopy aluminium kategorii określonych w rozdziale 18 z *Części IX – Materiały i spawanie* mogą być stosowane do konstrukcji:

- kadłuba statków o długości $L_0 < 40$ m,
- nadbudówek i pokładówek.

2.3.1.2 Wytrzymałość konstrukcji ze stopów aluminium powinna być nie mniejsza niż wytrzymałość wymagana dla konstrukcji stalowych.

2.3.1.3 Współczynnik materiałowy k dla stopów aluminium należy określać według wzoru:

$$k = \frac{R_e}{235} \quad (2.3.1.3)$$

przy czym przyjęta do obliczeń współczynnika k wartość R_e , charakteryzująca stop aluminium w stanie miękkim (rekrystalizowanym lub walcowanym na gorąco), nie powinna być większa niż $0,7R_m$ (R_m – wytrzymałość na rozciąganie). W przypadku zastosowania do konstrukcji spawanej stopów dostarczanych w stanie ćwierćtwardym lub półtwardym przyjmowaną granicę plastyczności należy każdorazowo uzgodnić z PRS.

2.3.2 Inne materiały

Zastosowanie innych materiałów w konstrukcji statku podlega odrębnemu rozpatrzeniu przez PRS.

2.4 Ochrona przed korozją

2.4.1 Wszystkie zbiorniki wyznaczone do balastowania wodą morską – na wszystkich typach statków oraz przestrzenie burt podwójnych – na masowcach o długości 150 m lub większej, powinny być pokryte powłoką ochronną nałożoną w trakcie budowy statku, spełniającą wymagania określone w SOLAS II-1, paragraf 3-2 (szczegółowe wymagania zawiera rezolucja MSC.215(82) oraz wymagania podane w *Publikacji 55/P – Nadzór nad systemami ochrony przed korozją i porastaniem*).

Powyższe wymaganie ma zastosowanie do statków mających pojemność brutto równą 500 lub większą.

Następujące zbiorniki balastowe nie są uważane za zbiorniki wyznaczone do balastowania i dlatego są wyłączone z konieczności stosowania do nich powyższych wymagań:

- zbiorniki balastowe określone w *Międzynarodowym świadectwie pomiarowym* (1969) jako przestrzenie włączone do pojemności netto,
- zbiorniki balastowe wody morskiej na statkach pasażerskich przeznaczone także do użycia jako zbiorniki ścieków szarych,
- zbiorniki balastowe wody morskiej na bydłowcach, przeznaczone także do gromadzenia odchodów przewożonych zwierząt.

2.4.2 W przypadku zbiornikowców olejowych i masowców niewymienionych w 2.4.1, wszystkie zbiorniki balastowe powinny mieć odpowiednią powłokę epoksydową lub równoważną, wykonaną zgodnie z zaleceniami producenta. Zleca się, aby powłoka była jasnego koloru (patrz SOLAS II-1, paragraf 3-2, w wersji zgodnej z rezolucją MSC.47(66)).

W uzasadnionych przypadkach powinny być również zastosowane anody protektorowe.

Przestrzenie w podwójnych burtach na masowcach o długości 150 m lub większej (niewymienione w 2.4.1) powinny mieć odpowiednią powłokę ochronną, spełniającą wymagania określone w SOLAS II-1, paragraf 3-2, w wersji zgodnej z rezolucją MSC.47(66).

2.4.3 W przypadku nowo budowanych masowców wszystkie wewnętrzne i zewnętrzne powierzchnie zrębnic luków i pokryw lukowych oraz wszystkie wewnętrzne powierzchnie ładowni – wyłączając płaskie powierzchnie poszycie dna wewnętrznego oraz pochyle poszycie zbiorników obłowych do wysokości około 300 mm poniżej wręgów burtowych i węzłówek – powinny mieć odpowiednią powłokę ochronną (epoksydową lub równoważną), wykonaną zgodnie z zaleceniami producenta.

Przy wyborze rodzaju powłoki należy wziąć pod uwagę przewidywalne warunki eksploatacji statku (m. in. rodzaj przewożonego ładunku).

2.4.4 Na wniosek armatora, po odrębnym rozpatrzeniu przez PRS, wymagane w 2.5 naddatki korozyjne mogą być zmniejszone lub całkowicie pominięte, jeżeli zostanie zastosowana skuteczna ochrona konstrukcji przed korozją. W takim przypadku statek może otrzymać dodatkowy znak **PAC** w symbolu klasy.

2.4.5 W zbiornikach przeznaczonych do przewozu balastu wodnego lub ładunku płynnego (ropy naftowej i jej pochodnych) oraz w ładowniach grubości elementów konstrukcyjnych powinny być zwiększone o naddatki korozyjne, określone w 2.5 (patrz także 20.1.6).

2.4.6 Wymagania dotyczące przeciwkorozyjnych powłok ochronnych oraz ochrony katodowej podane są w *Publikacji 55/P – Nadzór nad systemami ochrony przed korozją i porastaniem*.

2.4.7 Wszystkie zbiorniki ładunkowe nowych ropowców¹ powinny być:

- .1 pokryte powłoką ochronną w trakcie budowy statku zgodnie ze standardem wykonania powłok ochronnych w zbiornikach ładunkowych na ropowcach, określonym w wydanej przez IMO rezolucji MSC.288 (87), z późniejszymi zmianami. Standard ten należy interpretować zgodnie z IACS UI S.C.259; lub
- .2 chronione za pomocą innych środków ochrony przed korozją lub poprzez zastosowanie materiałów odpornych na korozję w celu utrzymania integralności konstrukcji przez 25 lat, zgodnie ze standardem dotyczącym alternatywnych środków ochrony przeciwkorozyjnej, określonym w wydanej przez IMO rezolucji MSC.289(87). Standard ten należy interpretować zgodnie z IACS UI S.C.258.

2.4.8 Administracja może zwolnić ropowiec z obowiązku spełnienia wymagań podanych w 2.4.7 i pozwolić na zastosowanie nowatorskich, prototypowych rozwiązań, alternatywnych do systemu powłok opisanego w 2.4.7.1, w celu ich wypróbowania – pod warunkiem, że będą one podlegać odpowiedniej kontroli i regularnej ocenie i **że zapewnione będzie informowanie** o potrzebie natychmiastowego działania naprawczego w przypadku, gdy system ten zawiedzie lub będą oznaki wskazujące na taką możliwość. Takie zwolnienie powinno zostać odnotowane w *Świadectwie zwolnienia*.

2.4.9 Administracja może zwolnić ropowiec z obowiązku spełnienia wymagań podanych w 2.4.7, jeżeli statek jest budowany w celu wyłącznego przewozu ładunków i wykonywania operacji przeładunkowych niewywołujących korozji. Zwolnienia i warunki zapewniające skuteczne osiągnięcie tych wymagań, powinny być odnotowane w świadectwie zwolnienia.

2.4.10 Szczegółowe wymagania dotyczące standardu wykonania dla rozwiązań podanych w 2.4.7 określone są w podrozdziałach 21.3.8 oraz 21.3.9.

2.5 Naddatki korozyjne

2.5.1 Punkty 2.5.2 do 2.5.5 dotyczą elementów konstrukcji kadłubów okrętów ze stali. W przypadku konstrukcji ze stopów aluminium naddatki korozyjne nie są wymagane.

2.5.2 Grubość płyt poszycia pionowych i poziomych grodzi ograniczających zbiorniki wymienione w 2.4.5 powinna być powiększona o naddatek korozyjny t_k , określany według wzoru:

$$t_k = t_w + t_z \text{ [mm]} \quad (2.5.2)$$

t_w – naddatek korozyjny określony według 2.5.6 dla wewnętrznej strony płyty poszycia, odpowiednio do rodzaju przewożonej w zbiorniku cieczy [mm];

t_z – naddatek korozyjny określony według 2.5.6 dla zewnętrznej strony rozpatrywanej płyty poszycia, odpowiednio do przeznaczenia sąsiedniego pomieszczenia [mm].

2.5.3 Grubości mocników, środników i węzłówek usztywnień i wiązarów znajdujących się wewnątrz wymienionych w 2.4.5 zbiorników powinny być zwiększone o naddatek korozyjny t_k , określany według wzoru:

$$t_k = 2t_w \text{ [mm]} \quad (2.5.3-1)$$

¹ Ropowce zdefiniowane wprawdzie 1 z Załącznika I do *Konwencji MARPOL 73/78*, o nośności wynoszącej 5000 ton lub więcej. Niniejszy punkt nie dotyczy roporudomasowców i chemikaliowców (włącznie z chemikaliowcami posiadającymi zezwolenie na przewóz ropy).

Jeżeli usztywnienia lub wiazary grodzi zbiornika znajdują się po jego zewnętrznej stronie, to naddatek korozyjny dla nich należy określać według wzoru:

$$t_k = 2t_z \text{ [mm]} \quad (2.5.3-2)$$

t_w i t_z – jak w 2.5.2.

2.5.4 Jeżeli środnik lub mocnik usztywnienia lub wiazara jest poziomy, to jego naddatek korozyjny należy dodatkowo zwiększyć o 0,5 mm.

2.5.5 Wartości naddatków korozyjnych t_w i t_z zależą od rejonu (A, B) zbiornika lub ładowni, w której znajduje się rozpatrywany element konstrukcyjny oraz od rodzaju czynnika oddziałującego na rozpatrywaną stronę elementu konstrukcyjnego.

Jeżeli zbiornik lub ładownia jest ograniczona od góry pokładem pogodowym, to rejonem A tego zbiornika lub ładowni jest rejon rozciągający się pionowo od pokładu pogodowego do poziomu znajdującego się 1,5 m poniżej tego pokładu. Wszystkie inne rejony zbiorników i ładowni są rejonami B.

2.5.6 W zależności od rodzaju czynnika oddziałującego na rozpatrywaną stronę elementu dla rejonu A naddatki korozyjne t_w lub t_z wynoszą:

1,5 mm – jeżeli czynnikiem jest balast wodny,

1,0 mm – jeżeli czynnikiem jest ropa naftowa lub jej pochodne,

0,5 mm – jeżeli czynnikiem jest suchy ładunek,

0,0 mm – jeżeli czynnikiem jest woda zaburtowa (zewnętrzna) lub powietrze.

Dla rejonu B naddatki korozyjne t_w i t_z stanowią połowę wartości analogicznych naddatków korozyjnych przewidzianych dla rejonu A.

2.6 Systemy przeciwporostowe

2.6.1 System przeciwporostowy może stanowić system powłok malarskich zastosowany na odsłoniętych powierzchniach, materiały odporne na porastanie¹ użyte dla rurociągów i innych niepomalowanych części składowych, system zapobiegania rozrostowi morskich organizmów (*marine growth prevention systems* – MGPS) dla skrzyni wody zaburtowej, system wewnętrznego chłodzenia wodą morską oraz inne innowacyjne środki do kontrolowania porostania².

2.6.2 Podczas projektowania i budowy statku lub gdy podlega on znacznej przebudowie, należy zwracać uwagę na następujące kwestie:

- .1 w możliwie największym zakresie wykluczenie występowania na statku małych wnęk i osłoniętych powierzchni. Tam, gdzie jest to niepraktyczne, powinno się je tak zaprojektować, żeby był do nich łatwy dostęp w celu inspekcji, czyszczenia i zastosowania środków przeciw porastaniu;
- .2 zaokrąglanie i/lub ukosowanie narożników, krat i występów w celu ułatwienia bardziej skutecznego pokrycia farbami przeciwporostowymi oraz mocowanie krat na zawiasach, aby umożliwić dostęp nurkom;
- .3 zapewnienie możliwości czyszczenia i naprawy skrzyni wody zaburtowej i innych rejonów, takich jak studnie w kadłubie, zatapialne doki i inne przestrzenie swobodnie zalewane.

2.6.3 System wewnętrznego chłodzenia wodą morską powinien być zaprojektowany i wykonany z wykorzystaniem odpowiedniego materiału w celu zminimalizowania porostania oraz skonstruowany z minimalną ilością zagięć, węzłów i kołnierzy na rurociągach dla wody morskiej.

¹ Porastanie – osadzanie się organizmów wodnych na powierzchniach i konstrukcjach zanurzonych w wodzie lub wystawionych na działanie środowiska wodnego.

² Szczegóły patrz *Publikacja 55/P – Nadzór nad systemami ochrony przed korozją i systemami przeciwporostowymi*.

2.6.4 W celu unikania tworzenia wnęk¹ przy zapewnieniu statkowi bezpieczeństwa eksploatacji należy zwracać szczególną uwagę na niestosowanie niewypełnionych szczelin we wszystkich elementach mocowanych na poszyciu kadłuba oraz szczegółowe zaprojektowanie następujących pozycji:

- .1 skrzynie wody zaburtowej: zaleca się zminimalizowanie ich rozmiarów i liczby oraz stosowanie gładkich powierzchni w celu maksymalnego zwiększenia wydajności przepływu, zainstalowanie systemu MGPS, systemu czyszczącego opartego na użyciu wody lub pary, krat i urządzeń do ich otwierania zaprojektowanych do przeglądu i konserwacji pod wodą;
- .2 wysuwane z kadłuba urządzenia i wyposażenie: zaleca się unikanie zewnętrznych wzmocnień (takich jak usztywnienia), gdzie jest to możliwe oraz zaprojektowanie tych urządzeń i wyposażenia z uwzględnieniem ich przeglądu i konserwacji pod wodą;
- .3 tunele sterów strumieniowych: tunele te powinny znajdować się powyżej wodnicy pływania dla statku pustego lub powinny być dostępne dla nurków, a kraty i urządzenia do ich otwierania powinny być zaprojektowane z uwzględnieniem przeglądu i konserwacji pod wodą;
- .4 sponsony i opływki na kadłubie: zalecane jest stosowanie odmiany w pełni zamkniętej, a nie konstrukcji swobodnie zalewanej, z zapewnieniem dostępu w celu czyszczenia i konserwacji pod wodą;
- .5 zespoły uszczelnień pochwy wału śrubowego i osłony dla lin: zalecane jest zaprojektowanie ich z uwzględnieniem przeglądu, czyszczenia i konserwacji pod wodą.

2.6.5 Należy rozważyć potrzebę zastosowania specjalnych systemów powłok przeciwporostowych, aby dostosować wymagane działanie oraz trwałość powłok do spodziewanego ich zużycia się, ścierania oraz ilości przepływającej wody w określonych rejonach, takich jak dziób, ster lub wewnętrzny system chłodzenia wodą morską i wnętrza skrzyń wody zaburtowej.

2.6.6 Przy instalowaniu systemów przeciwporostowych dla skrzyń wody zaburtowej należy rozważyć następujące czynniki:

- .1 kratki wlotowe i wewnętrzne powierzchnie skrzyń wody zaburtowej powinny być chronione przez system powłok przeciwporostowych, odpowiedni ze względu na warunki przepływu wody morskiej przez kratę oraz przez skrzynię;
- .2 należy starannie przygotować powierzchnie i nakładać powłoki każdego systemu przeciwporostowego, tak aby zapewnić wystarczającą przyczepność farby i jej grubość. Ze szczególną uwagą należy traktować narożniki i krawędzie skrzyń wody zaburtowej, rury do przedmuchiwania, wsporniki i pręty krat;
- .3 zaleca się instalowanie systemów MGPS jako części planu kontrolowania porostania w celu ochrony skrzyń wody zaburtowej i wewnętrznych systemów chłodzenia wodą morską. Przed zainstalowaniem takiego systemu należy dokonać dokładnej oceny konsekwencji obejmującej potencjalne skutki instalacji MGPS w odniesieniu do statku i/lub środowiska oraz przepisów dotyczących używania systemów MGPS.

¹ Rejony na statku, które mogą być bardziej podatne na porostanie ze względu na działanie różnych sił hydrodynamicznych, podatność systemu powłok na zużycie się lub uszkodzenia albo niewystarczające pomalowanie lub zupełny brak powłoki farby.

2.6.7 Następujące rejony mogą być również szczególnie podatne na rozrost organizmów:

- miejsca podparcia kadłuba podczas dokowania;
- krawędzie i połączenia spawane;
- zawiasy steru i szczeliny płetw stabilizatorów;
- śruba i wał śruby;
- anody systemu ochrony katodowej;
- rurki Pitota;
- wloty wody morskiej oraz wyloty do usuwania ścieków za burtę.

W celu ochrony tych rejonów należy stosować specjalne metody zgodne z *Publikacją 55/P – Nadzór nad systemami ochrony przed korozją i systemami przeciwporostowymi*.

3 SZCZEGÓŁY KONSTRUKCYJNE

3.1 Zasady ogólne

Przyjęte w niniejszym rozdziale sposoby określenia geometrycznych i wytrzymałościowych parametrów wiązań konstrukcji kadłuba mogą mieć zastosowanie w analizie wytrzymałości wiązań, jeżeli w innych rozdziałach niniejszej części *Przepisów* lub w *Publikacjach* nie podano inaczej.

3.1.1 Zaokrąglanie wymiarów wiązań

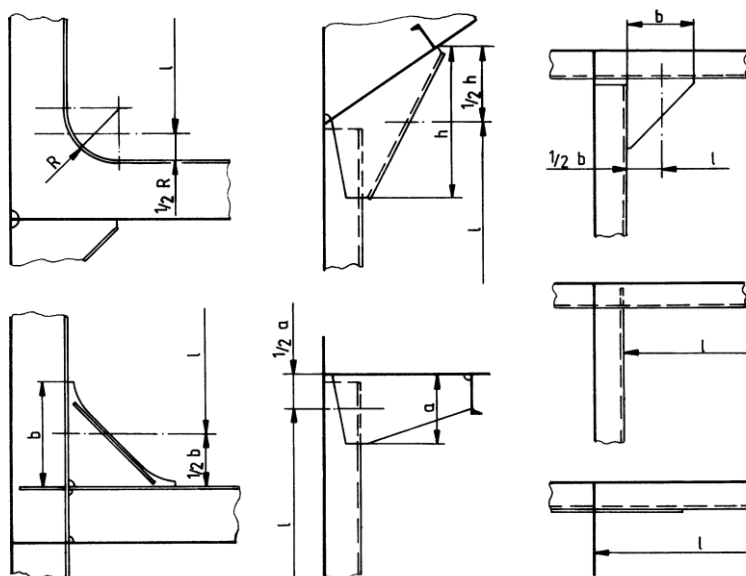
3.1.1.1 Wymiary elementów zaokrągla się do najbliższej większej znormalizowanej wielkości. Dopuszcza się zaokrąglenie grubości płyt wymaganej na elementy konstrukcyjne do najbliższej mniejszej znormalizowanej wielkości w granicach 0,25 mm.

3.1.1.2 W przypadku stosowania znormalizowanych kształtowników walcowanych dopuszczalne jest zaokrąglenie wymaganych wartości wskaźników, momentów bezwładności i pól poprzecznego przekroju kształtowników do najbliższej niższej wielkości znormalizowanej, jednakże nie więcej niż o 3% wartości wymaganej.

3.2 Idealizacja wiązań

3.2.1 Rozpiętość wiązarów i usztywnień

3.2.1.1 Obliczeniową rozpiętość l wiązarów i usztywnień należy mierzyć w sposób podany na rys. 3.2.1.1. Założono przy tym, że węzłówki są odpowiednio podparte przez konstrukcję, do której są przyłączone. W szczególnych przypadkach określenie rozpiętości l może być odmienne. Rozpiętość l wiązarów i usztywnień krzywoliniowych mierzy się jako długość cięciwy łączącej punkty podparcia ich końców.



Rys. 3.2.1.1. Określanie rozpiętości wiązań

3.2.2 Pas współpracujący

3.2.2.1 Pole poprzecznego przekroju współpracującego pasa poszycia usztywnienia lub wiazara zwykłego należy określać wg wzoru:

$$A_p = 10b_e \cdot t \quad [\text{cm}^2] \quad (3.2.2.1)$$

t – średnia grubość poszycia pasa współpracującego [mm];

b_e – szerokość pasa współpracującego, określona według wskazań podanych w 3.2.2.2 i 3.2.2.3 [m].

Do pola przekroju pasa współpracującego wiazara można doliczyć 50% pola poprzecznego przekroju ciągłych usztywnień równoległych do środka rozpatrywanego wiazara i leżących w obrębie szerokości b_e .

Pole przekroju pasa współpracującego poszycia dla wiazara powinno być nie mniejsze od pola przekroju mocnika wiazara.

3.2.2.2 Jako efektywną szerokość współpracującego pasa usztywnienia należy przyjąć mniejszą z dwu wartości określonych według wzorów:

$$b_e = \frac{1}{6}l \quad [\text{m}] \quad (3.2.2.2-1)$$

$$b_e = 0,5(s_1 + s_2) \quad [\text{m}] \quad (3.2.2.2-2)$$

l – rozpiętość usztywnienia [m];

s_1, s_2 – odległości od rozpatrywanego usztywnienia do sąsiednich usztywnień znajdujących się po obu jego stronach [m].

3.2.2.3 Efektywną szerokość pasa współpracującego wiazara zwykłego należy określać według wzoru:

$$b_e = K \cdot b \quad [\text{m}] \quad (3.2.2.3)$$

$b = 0,5(b_1 + b_2)$ [m];

b_1, b_2 – odległość od rozpatrywanego wiazara do najbliższych wiazarów tego samego rodzaju, rozmieszczonych po obu jego stronach [m];

K – współczynnik określony według tabeli 3.2.2.3 w zależności od zredukowanej rozpiętości l_z wiazara oraz od liczby n równomiernie i prostopadle rozmieszczonych usztywnień podpieryanych przez rozpatrywany wiazar;

$l_z = l$ – w przypadku wiazara swobodnie podpartego na obu jego końcach [m],

$l_z = 0,6l$ – w przypadku wiazara utwierdzonego na obu końcach [m].

Tabela 3.2.2.3
Wartości współczynnika K

Liczba usztywnień n	Stosunek l_z / b						
	1	2	3	4	5	6	7 i więcej
≥ 6	0,38	0,62	0,79	0,88	0,94	0,98	1
≤ 3	0,21	0,40	0,53	0,64	0,72	0,78	0,80

Dla pośrednich wartości stosunku l_z / b oraz liczby n współczynnik K może być określony przez interpolację liniową.

3.2.2.4 W przypadku zakrzywionych mocników usztywnień lub wiazarów efektywne pole przekroju A_e mocnika należy określać według wzoru:

$$A_e = c \cdot b_m \cdot t_m \quad [\text{mm}^2] \quad (3.2.2.4-1)$$

gdzie:

b_m – szerokość mocnika [mm],

t_m – grubość mocnika [mm],

c – współczynnik liczbowy obliczony ze wzoru (we wzorze 3.2.2.4-1 należy przyjmować $c \leq 1$):

$$c = c_1 \frac{\sqrt{r \cdot t_m}}{b} \quad (3.2.2.4-2)$$

r – promień krzywizny mocnika [mm];

$b = b_m$ [mm] – dla mocników asymetrycznych;

$b = 0,5(b_m - t_s)$ [mm] – dla mocników symetrycznych;

t_s – grubość środnika [mm],

c_1 – współczynnik o wartościach podanych w tabeli 3.2.2.4, w zależności od argumentu:

$$\beta = \frac{1,29 \cdot b}{\sqrt{r \cdot t_m}} \quad (3.2.2.4-3)$$

Uwaga: Wzór 3.2.2.4-1 należy także stosować przy określaniu efektywnego pola przekroju zakrzywionego poszycia podpieranego przez usztywnienie, przyjmując $b_m = s = b$ (s – odstęp usztywnień) oraz $t_m = t$ (t – grubość poszycia).

Tabela 3.2.2.4
Wartości współczynnika c_1

β	0,2	0,25	0,3	0,4	0,45	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,4	$\geq 1,6$
c_1	3,21	2,57	2,14	1,84	1,61	1,43	1,29	1,08	0,94	0,83	0,76	0,70	0,60	0,59

Uwaga: Dla pośrednich wartości β współczynnik c_1 należy wyznaczać stosując interpolację liniową.

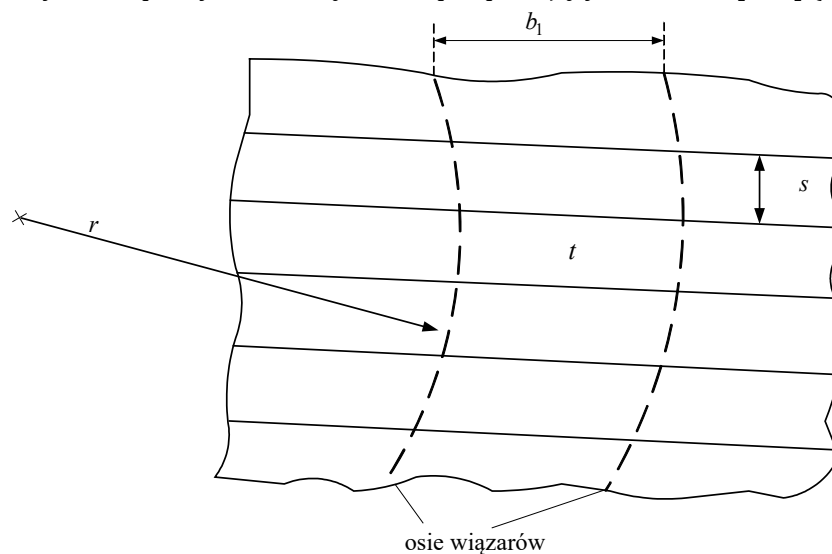
3.2.2.5 Efektywne pole przekroju A_e mocników zakrzywionych wiązarów podpartych przez węzłówki spawane do środników lub efektywne pole przekroju A_e zakrzywionego poszycia podpieranego przez wiązary i usztywnienia w kierunku poprzecznym do wiązarów (rys. 3.2.2.5) należy obliczać według wzoru:

$$A_e = \frac{3r \cdot t_m + c \cdot s^2}{3r \cdot t_m + s^2} \cdot t_m \cdot b_m \quad [\text{mm}^2] \quad (3.2.2.5)$$

gdzie:

r, t_m, c – jak w 3.2.2.4; obliczając efektywne pole A_e pasa zakrzywionego poszycia stanowiącego mocnik wiązara należy we wzorze 3.2.2.5 przyjmować $b_m = b_1$, $t_m = t$ (b_1, t – patrz rys. 3.2.2.5);

s – odstęp usztywnień poszycia lub węzłówek podpierających mocnik [mm] (rys. 3.2.2.5).



Rys. 3.2.2.5

3.2.2.6 Szerokość b_e pasa współpracującego wiązarów grodzi profilowanej prostopadłych do jej elementów należy przyjmować jako równą odpowiednio $15t$ – w przypadku profili trapezowych i $20t$ – w przypadku profili falistych lub jako równą $0,1b$ w obu przypadkach, w zależności od tego, która wartość jest mniejsza.

„ b ” oznacza szerokość pasa współpracującego obliczoną według 3.2.2.3, zaś t – grubość poszycia grodzi profilowanej.

3.2.2.7 Szerokość pasa współpracującego b_e zrębnicy luku ładowni należy przyjmować jako równą $1/12$ jej rozpiętości. Przyjęta wartość b_e powinna być nie większa od połowy odległości zrębnicy luku od burty w przypadku zrębnic wzdłużnych lub połowy odległości między zrębnicą a najbliższą grodzią poprzeczną w przypadku zrębnic poprzecznych.

3.2.3 Efektywne pole poprzecznego przekroju środnika

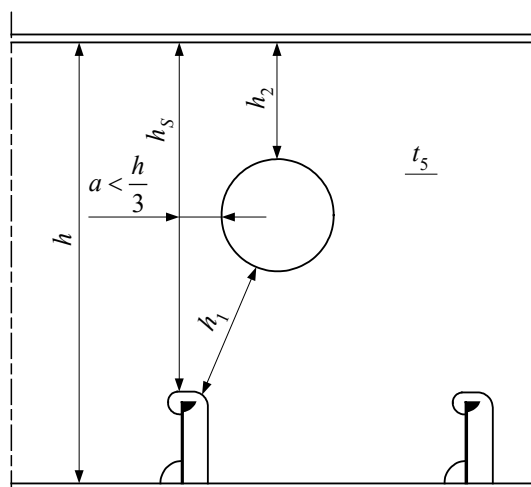
Efektywne pole poprzecznego przekroju środników wiązarów należy określać wg wzoru:

$$A_s = 0,01h_s \cdot t_s \text{ [cm}^2\text{]} \quad (3.2.3)$$

t_s – grubość środnika [mm];

h_s – wysokość środnika netto [mm].

Wysokość środnika netto h_s należy określać odejmując wycięcia i otwory w rozpatrywanym przekroju. Jeżeli krawędź otworu w środniku znajduje się bliżej niż $h/3$ od rozpatrywanego przekroju, to należy jako h_s przyjąć mniejszą z dwóch wielkości: h_s i $(h_1 + h_2)$ pokazanych na rysunku 3.2.3.



Rys. 3.2.3. Określanie wysokości netto środnika

3.2.4 Wskaźniki przekroju i momenty bezwładności poprzecznego przekroju usztywnień i wiązarów

Wymagane w niniejszej części *Przepisów* wskaźniki i momenty bezwładności poprzecznego przekroju usztywnień i wiązarów odnoszą się do osi obojętnej równoległej do poszycia.

Jeżeli środnik wiązania nie jest prostopadły do poszycia, to przy $\alpha > 15^\circ$ (α – kąt pomiędzy płaszczyzną prostopadłą do poszycia a płaszczyzną środnika) wartość wskaźnika względem osi równoległej do poszycia można w przybliżeniu określić mnożąc wskaźnik przekroju usztywnienia prostopadłego do poszycia przez $\cos \alpha$.

Jeżeli nie podano inaczej, pas współpracujący uwzględniany w obliczeniach należy określać zgodnie z 3.2.2.

Uwaga: Wskaźnik przekroju elementów grodzi profilowanej można obliczyć z następujących przybliżonych zależności:

- dla elementu o szerokości s_1 grodzi profilowanej o przekroju trapezowym:

$$W = \frac{h \cdot t}{2} \left(s_2 + \frac{s_3}{3} \right) \text{ m}^3 \quad (3.2.4-1)$$

h, t – patrz rys. 3.2.4a); [mm]

s_2, s_3 – patrz rys. 3.2.4a); [m]

- dla elementu o szerokości s grodzi profilowanej falistej:

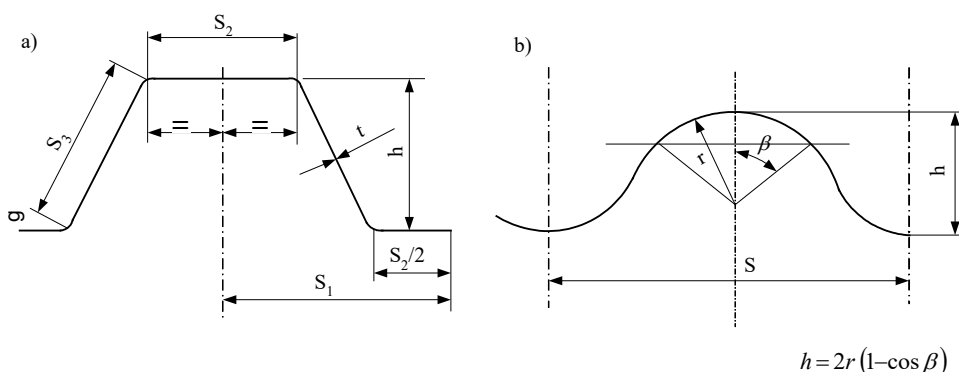
$$W = c \cdot t \cdot r^2 \text{ [cm}^3\text{]}$$

$$s = 4r \sin \beta \quad (3.2.4-2)$$

$$c = 2 \frac{\beta + 2\beta \cos^2 \beta - 1,5 \sin 2\beta}{1 - \cos \beta}$$

t, r, s – patrz rys. 3.2.4b); [cm]

β – patrz rys. 3.2.4b); [radiany].



Rys. 3.2.4

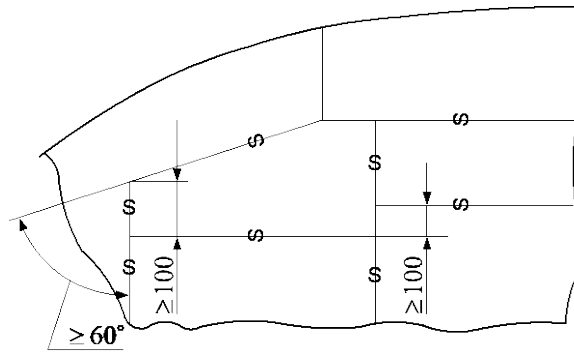
3.3 Szczegóły konstrukcji spawanych

3.3.1 Rozmieszczenie szwów spawanych

Należy unikać skupienia szwów i ich krzyżowania się pod ostrym kątem oraz małych odstępów między równoległymi spoinami czołowymi lub między spoiną pachwinową i równoległą do niej spoiną czołową. Odstępy między równoległymi spoinami, niezależnie od ich kierunków, powinny wynosić co najmniej:

- 200 mm między spoinami czołowymi,
- 75 mm między spoiną pachwinową i czołową,
- 50 mm między spoiną pachwinową i czołową na długości nie większej niż 2 m, z wyjątkiem przypadków wyszczególnionych poniżej.

Kąt między spoinami czołowymi powinien być nie mniejszy niż 60° (rys. 3.3.1).

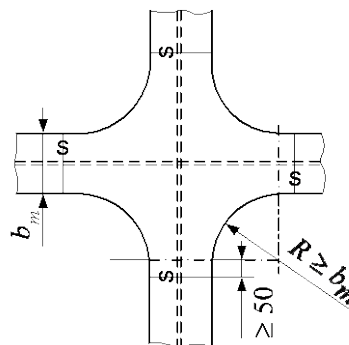


Rys. 3.3.1. Rozmieszczenie szwów spawanych

Odległość szwów (styków) płyt poszycia burt i pokładów od równoległych do nich grodzi, pokładów, poszycia dna wewnętrznego, wiązań ramowych itp. powinna być nie mniejsza od większej z dwóch następujących wartości: $5t$ (t – grubość płyty) lub 100 mm. Dla szwów (styków) montażowych odległość ta powinna być nie mniejsza niż 200 mm.

3.3.2 Połączenia mocników

Połączenia mocników krzyżujących się wiązarów, które przenoszą obciążenia dynamiczne, oraz wiązarów pokładów wytrzymałościowych i dna pojedynczego w środkowej części statku, a także innych wysoko obciążonych wiązarów, należy wykonać płynnymi przejściami za pomocą płyt diamentowych o grubościach nie mniejszych od grubości łączonych mocników wiązarów (patrz rys. 3.3.2).



Rys. 3.3.2. Połączenie mocników wiązarów

3.4 Ciągłość konstrukcji

3.4.1 Wymagania ogólne

Należy zachować ciągłość konstrukcji wiązań kadłuba. Zmiany kształtu lub przekroju oraz grubości wiązań powinny być łagodne.

3.4.2 Ciągłość wiązań wzdłużnych

3.4.2.1 W kierunku wzdłużnym kadłuba należy stosować łagodne zmiany wymiarów kształtowników i grubości płyt wiązań wzdłużnych. Nie należy stosować zmiany układu i wymiarów wiązań pokładu wytrzymałościowego, dna, burt i grodzi wzdłużnych w rejonach, w których zmieniają się własności wytrzymałościowe stali.

3.4.2.2 Długość swobodnego odcinka poszycia między zakończeniem usztywnienia i biegnącym prostopadle do niego środkiem wiązara lub innego usztywnienia powinna być możliwie mała; nie powinna ona przekraczać wartości $4t$ lub 60 mm, zależnie od tego, która wartość jest mniejsza (t – grubość poszycia [mm]).

3.4.3 Połączenia

Przy połączeniach wiązań ramowych ze sobą zaleca się stosować węzłówki (przejścia) zaokrąglone. W miejscach zakończeń węzłówek średnik wiązania ramowego należy usztywnić.

3.5 Otwory w elementach konstrukcyjnych

3.5.1 Wymagania ogólne

3.5.1.1 Sumaryczna wysokość wycięć (otwory ulżeniowe, wycięcia do przejścia wiązań itp.) w jednym przekroju wiązania powinna być nie większa niż 0,4 jego wysokości. W uzasadnionych przypadkach wartość tę można zwiększyć w środkowej części rozpiętości, nie więcej jednak niż do 0,6 wysokości wiązania.

3.5.1.2 Odległość krawędzi wszystkich otworów w wiązarach od krawędzi wycięć na przejście usztywnień powinna być nie mniejsza od wysokości tych usztywnień.

3.5.1.3 Otwory w średnikach usztywnień i wiązarów powinny znajdować się w odległości nie mniejszej niż wysokość średnika od końca węzłówki mocującej usztywnienie lub wiązar.

3.5.1.4 W średnikach wiązań znajdujących się wewnątrz zbiorników powinny być przewidziane otwory zapewniające swobodny przepływ cieczy do końcówek ssących i powietrza do rur odpowietrzających. Otwory te powinny znajdować się możliwie blisko dna i pokładu. Otwory w wiązaniach wzdłużnych dna i pokładu zaleca się wykonywać o kształcie eliptycznym, przy odstępie od poszycia dna i pokładu nie mniejszym niż 20 mm. Wysokość otworów, zarówno dochodzących, jak też niedochodzących do poszycia, powinna być nie większa niż 0,25 wysokości średnika wiązania i nie powinna przekraczać 75 mm. Długość otworów powinna być nie większa niż 150 mm.

3.5.1.5 Naroża wszelkich otworów w wiązaniach należy zaokrąglić, przy czym promień zaokrąglenia powinien być nie mniejszy od dwóch grubości płyty.

3.5.1.6 Otwory w burtach statku, grodziach wzdłużnych i wiązarach wzdłużnych powinny być umieszczone poniżej pokładu wytrzymałościowego lub krawędzi zaokrąglonego przejścia burty w pokład, w odległości większej niż podwójna szerokość otworu.

3.5.1.7 Małe otwory nie powinny znajdować się w pobliżu innych otworów we wzdłużnych wiązaniach wytrzymałościowych. Niewzmocnione krawędzie małych otworów powinny być oddalone od siebie w kierunku poprzecznym na odległość nie mniejszą od czterokrotnej ich szerokości.

3.5.1.8 Otwory w usztywnieniach wzdłużnych powinny mieć kształt eliptyczny i nie powinny przylegać do spawanych styków usytuowanych na tych usztywnieniach.

3.5.2 Wzmocnienia krawędzi otworów dna i pokładu

3.5.2.1 Podane niżej wymagania odnoszą się do otworów w pokładzie wytrzymałościowym i w dnie zewnętrznym w środkowej części statku o współrzędnych $-0,3L_0 < x < 0,3L_0$, a dla statków z dużymi otworami lukowymi – w całym rejonie ładowni. Wymagania odnoszące się do kształtu i wzmocnień naroży luków podane są w 8.5.

3.5.2.2 Otwory okrągłe o średnicy większej niż 0,325 m powinny mieć wzmocnione krawędzie. Pole przekroju elementów wzmocniających krawędzie otworów powinno być nie mniejsze od obliczonego wg wzoru:

$$A_0 = 2,5d \cdot t \text{ [cm}^2\text{]} \quad (3.5.2.2)$$

d – średnica otworu [m],

t – grubość płyty [mm].

3.5.2.3 Otwory eliptyczne o szerokości większej niż 0,5 m powinny mieć wzmocnione krawędzie, jeżeli stosunek długości do szerokości jest mniejszy niż 2. Wzmocnienia powinny odpowiadać określonym wyżej wymaganiom dla otworów okrągłych, gdzie jako d należy przyjąć szerokość otworu.

3.5.2.4 Otwory prostokątne lub zbliżone do prostokątnych powinny mieć krawędzie wzmocnione według wymagań 3.5.2.2, gdzie jako d należy przyjąć szerokość otworu. Naroża tych otworów powinny spełniać następujące wymagania:

- dla naroży zaokrąglonych promień zaokrąglenia powinien być nie mniejszy niż promień obliczony wg wzoru:

$$R = 0,2b \text{ [m]} \quad (3.5.2.4)$$

b – szerokość otworu, przy czym powinno być $b \geq 0,4$ [m],

- dla naroży o linii opływowej poprzeczny zakres zaokrąglenia (mierzony prostopadłe do płaszczyzny symetrii statku) powinien być nie mniejszy niż $0,15b$.

3.6 Konstrukcja wiązarów teowych

3.6.1 Wymagania ogólne

3.6.1.1 Wymagania niniejszego podrozdziału 3.6 dotyczą wiązarów wykonanych w formie teowników lub dwuteowników.

3.6.1.2 Wysokość h i grubość t_s środnika wiązarów (jak również wręgów poprzecznych i usztywnień wzdłużnych spawanych z oddzielnymi środnikami i mocnikami) oraz ich pole przekroju poprzecznego są objęte wymaganiami zawartymi w poszczególnych rozdziałach niniejszej części *Przepisów*.

3.6.1.3 Środnik i mocnik wiązara należy usztywnić za pomocą węzłówek przeciwniekrętnych wg wymagań podrozdziału 3.6.4. Może być również wymagane usztywnianie środnika za pomocą usztywnień równoległych lub prostopadłych do mocnika wg wymagań podanych w 3.6.3, o ile w innych miejscach niniejszej części *Przepisów* nie postanowiono inaczej.

3.6.2 Mocniki wiązarów

3.6.2.1 Niepodparta szerokość mocnika wiązara b , w mm, mierzona od środnika, nie powinna być większa niż:

$$b = \frac{200t_m}{\sqrt{R_e}} c \text{ [mm]} \quad (3.6.2.1)$$

t_m – grubość mocnika [mm],

$c = 1,0$ dla stali,

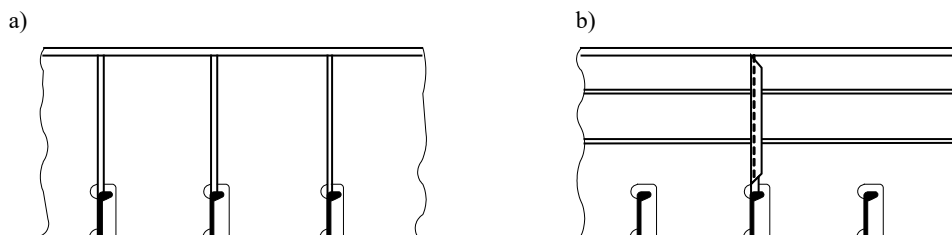
$c = 0,58$ dla stopów aluminium.

3.6.2.2 Grubość mocnika nie powinna przekraczać potrójnej grubości środnika.

3.6.3 Usztywnienia wiązarów

3.6.3.1 Środniki wiązarów powinny spełniać kryteria stateczności określone w punkcie 13.6.4.2. Jeżeli stosunek wysokości h środka wiązara do jego grubości t_s jest większy niż $c890/\sqrt{R_e}$ ($c = 1,0$ dla stali; $c = 0,58$ dla stopów aluminium), to środek wiązara powinien być usztywniony, niezależnie od podparcia węzłówkami przeciwnskrętnymi, rozmieszczonymi zgodnie z wymaganiami punktu 3.6.4.

Środek wiązara można usztywnić za pomocą usztywnień prostopadłych do mocnika i węzłówek przeciwnskrętnych (rys. 3.6.3.1 a) albo usztywnień równoległych do mocnika (rys. 3.6.3.1 b).



Rys. 3.6.3.1

3.6.3.2 Usztywnienia środków wiązarów pokazane na rys. 3.6.3.1 powinny spełniać wymagania podrozdziału 13.5.3 dotyczące stateczności dla obliczeniowych wartości naprężeń wyznaczonych wg 13.3.2.7 i 13.3.2.10.

3.6.3.3 W celu spełnienia kryteriów stateczności środków wiązarów może być wymagane obramowanie lub wzmocnienie otworów w środkach w sposób podany w 13.4.3.10 lub 13.4.3.11.

3.6.4 Węzłówki przeciwnskrętne

3.6.4.1 Węzłówki przeciwnskrętne wiązarów powinny być zamontowane – niezależnie od usztywnień, o których mowa w 3.6.3, w końcowych częściach wiązara (w rejonie występowania zaokrąglonych lub trapezowych kształtów środka), w linii rozpór wiązara oraz w pozostałej części rozpiętości wiązara.

3.6.4.2 W żadnym przypadku odstęp węzłówek przeciwnskrętnych nie powinien przekraczać 3 m lub $15 b_m$ (b_m – pełna szerokość mocnika wiązara), w zależności od tego, która wartość jest mniejsza.

3.6.4.3 Grubość węzłówek przeciwnskrętnych powinna być nie mniejsza niż grubość środka wiązara, wynikająca z wymagań podanych w niniejszej części *Przepisów*.

3.6.4.4 Węzłówki przeciwnskrętne powinny być doprowadzone do mocnika wiązara i spawane do niego, jeżeli szerokość mocnika po jednej stronie środka wiązara przekracza 150 mm. Jeżeli szerokość mocnika symetrycznego względem środka wiązara przekracza 400 mm, to po przeciwnej stronie środka, w linii węzłówki przeciwnskrętnej należy przy mocniku zamontować małą węzłówkę.

3.6.4.5 Szerokość węzłówki przeciwnskrętnej mierzona przy podstawie powinna być nie mniejsza niż połowa jej wysokości.

3.6.4.6 Jeżeli długość swobodnej krawędzi l_k węzłówki przeciwnskrętnej przekracza $60ct_{wp}$ (t_{wp} – grubość węzłówki przeciwnskrętnej [mm], $c = 1,0$ dla stali; $c = 0,58$ dla stopów aluminium),

to wzdłuż niej należy zastosować mocnik lub zagięcie. Pole poprzecznego przekroju mocnika lub zagięcia powinno być nie mniejsze niż pole obliczone wg wzoru:

$$f_k = 0,01l_k \text{ [cm}^2\text{]} \quad (3.6.4.6)$$

l_k – długość swobodnej krawędzi, [mm].

3.7 Konstrukcja zbiorników balastowych

3.7.1 Zbiorniki balastowe i ich konstrukcja wewnętrzna powinny być tak zaprojektowane, aby zapobiegać gromadzeniu się osadu w zbiornikach.

Przy projektowaniu zbiorników balastowych powinny zostać wzięte pod uwagę, na ile to praktycznie możliwe, następujące zasady:

- .1 należy unikać stosowania poziomych powierzchni, gdziekolwiek to możliwe;
- .2 w miejscach, gdzie na wręgach wzdłużnych montowane są usztywnienia mocnika, należy rozważyć zamontowanie tych usztywnień poniżej powierzchni poziomej wzdłużnika w celu ułatwienia spływu wody z usztywnienia;
- .3 tam, gdzie wymagane są poziome wzdłużniki lub wiązary, otwory przepływowe powinny być tak duże, jak to tylko możliwe, w celu ułatwienia szybkiego spłynięcia z nich wody, kiedy jej poziom w zbiorniku opada, szczególnie gdy na poziomych wzdłużnikach służących do przechodzenia zamontowane mają być stopery;
- .4 wewnętrzne wzdłużniki, wręgi wzdłużne, usztywnienia, wzdłużniki przerywane i denniki, gdy występują, powinny posiadać dodatkowe otwory przepływowe, które pozwalają na minimalne ograniczenie przepływu wody podczas operacji usuwania balastu lub odpompowania wody resztkowej;
- .5 w miejscach, gdzie wewnętrzne wiązania konstrukcji stykają się z grodziami, ich przebieg powinien być taki, by zapobiegać tworzeniu się stojących kałuż lub pułapek na osady;
- .6 w miejscach styku wręgów wzdłużnych dna wewnętrznego lub wzdłużników przerywanych z dennikami należy stosować skalopsy w celu umożliwienia dobrego przepływu powietrza, które osuszy pusty zbiornik. Pozwoli to również na ujście powietrza do rury odpowietrzającej przy napełnianiu zbiornika, tak aby w zbiorniku pozostała minimalna ilość powietrza;
- .7 systemy rurociągów należy tak projektować, by przy usuwaniu balastu wzburzenie wody było możliwie najsilniejsze, a jej turbulencja unosiła osad;
- .8 należy przeanalizować i rozpatrzyć sposób przepływu wody w zbiornikach balastowych (np. metodą Computational Fluid Dynamics – CFD), tak by konstrukcja wewnętrzna była zaprojektowana z zapewnieniem jej skutecznego opłukiwania.

Statek powinien być tak zaprojektowany, by zapewniony był bezpieczny dostęp w celu umożliwienia usunięcia osadu i pobrania próbek.

4 POŁĄCZENIA ELEMENTÓW KONSTRUKCYJNYCH

4.1 Zasady ogólne

4.1.1 W niniejszym rozdziale podano wymagania dotyczące typów i wymiarów spoin, połączeń spawanych i połączeń stal/stopy aluminium.

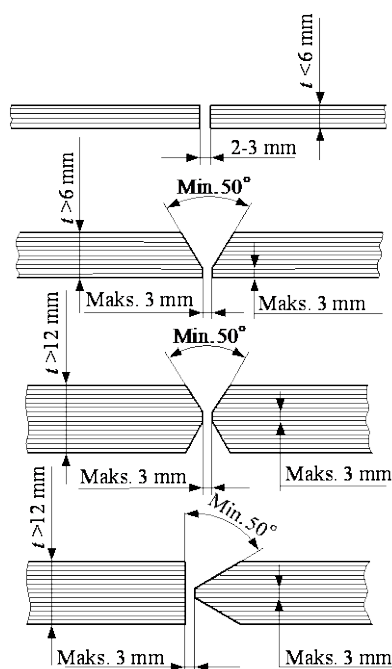
4.1.2 Niezależnie od wymagań określonych w niniejszym rozdziale, należy spełnić wymagania podane w *Części IX – Materiały i spawanie*, dotyczące materiałów spawalniczych, metod spawania, kwalifikacji spawaczy, kontroli jakości spoin oraz zabezpieczenia przed wpływami atmosferycznymi w czasie wykonywania spawania.

4.1.3 Kolejność spawania należy zaprojektować tak, aby zapewnić możliwie dużą swobodę kurczenia się materiału.

4.2 Typy i wymiary spoin

4.2.1 Złącza doczołowe

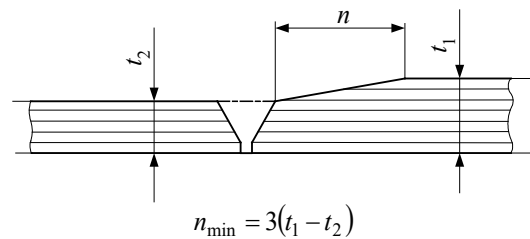
4.2.1.1 Złącza doczołowe łączonych płyt poszycia o równej grubości powinny mieć krawędzie przygotowane jak podano na rys. 4.2.1.1.



Rys. 4.2.1.1. Przygotowanie krawędzi do spawania ręcznego złączy doczołowych

4.2.1.2 Przy połączeniu doczołowym płyt, których różnica grubości jest większa niż 3 mm, należy wykonać redukcję grubości płyty grubszej przez ukosowanie z nachyleniem nie większym niż 1:3. Po przeprowadzonej redukcji należy przygotować krawędzie jak dla płyt równej grubości (patrz rys. 4.2.1.2).

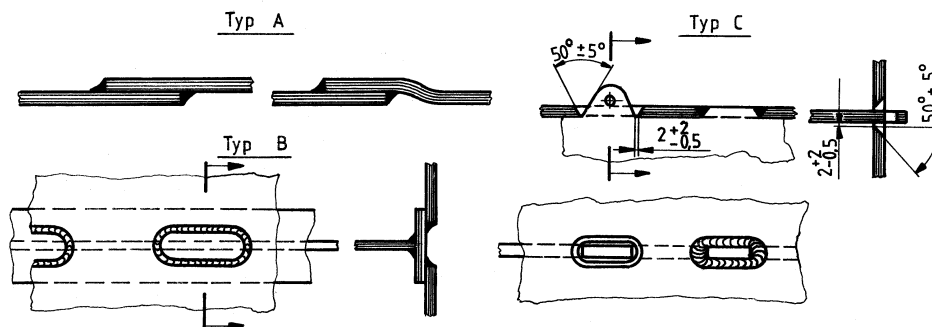
4.2.1.3 W zasadzie wszystkie rodzaje złączy doczołowych powinny być spawane dwustronnie. Przed spawaniem z drugiej strony grań spoiny należy wyciąć do czystego metalu. Po odrębnym rozpatrzeniu przez PRS można zastosować jednostronne spawanie złączy doczołowych w konstrukcjach nisko wyężonych oraz jeżeli podpawanie jest niemożliwe.



Rys. 4.2.1.2. Przygotowanie krawędzi do spawania blach o różnych grubościach

4.2.2 Złącza zakładkowe i otworowe

4.2.2.1 Przykłady typowych złączy zakładkowych i otworowych podano na rys. 4.2.2.1.



Rys. 4.2.2.1. Złącza zakładkowe i otworowe

4.2.2.2 Typ A (złącze zakładkowe) może być stosowany przy spawaniu węzłówek do końców usztywnień w przypadkach połączeń normalnie wytężonych, poza rejonem zwiększonych drgań.

4.2.2.3 Typ B (złącze otworowe) i typ C (złącze otworowe na czop) można stosować dla połączeń poszycia z usztywnieniami wewnętrznymi – w miejscach, w których spawanie pachwinowe złącza teowego jest niemożliwe. Wymiary otworów oraz odstęp między nimi podlegają odrębnemu rozpatrzeniu przez PRS.

4.2.2.4 Połączenia zakładkowe powinny być wykonane spoiną ciągłą na obwodzie, przyjmując $\alpha = 0,4$ – patrz 4.2.3.1. Szerokość zakładki w połączeniu powinna być nie mniejsza niż szerokość obliczona wg wzoru:

$$b = 2s + 25 \text{ [mm]},$$

lecz w każdym przypadku powinna być nie mniejsza niż 50 mm (s – grubość cieńszego elementu [mm]).

4.2.3 Spoiny pachwinowe

4.2.3.1 Grubość obliczeniowa a spoin pachwinowych (patrz rys. 4.2.3.1) powinna być nie mniejsza niż grubość określona wg wzoru:

$$a = \alpha \beta s_0 + 0,5t_k \text{ [mm]} \quad (4.2.3.1)$$

α – współczynnik wytrzymałości spoiny według tabeli 4.2.3.1-1; na zbiornikowcach należy w obrębie ładowni zwiększyć α o 0,05 w stosunku do wartości podanych w tabeli;

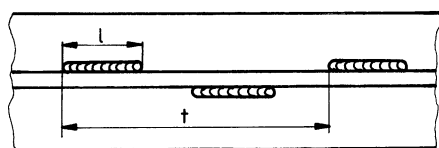
β – współczynnik według tabeli 4.2.3.1-2;

s_0 – grubość netto cieńszego elementu dostawianego [mm]

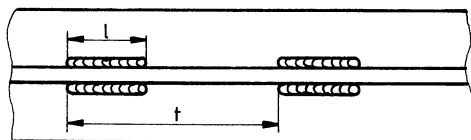
$$s_0 = s - t_k;$$

s – grubość elementu;

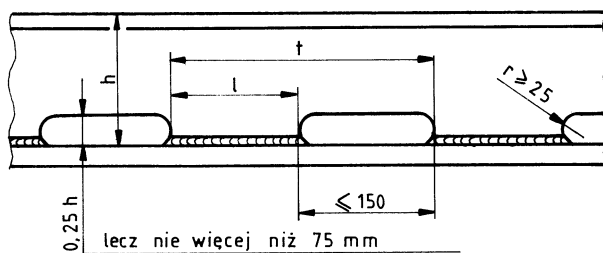
t_k – nadatek korozyjny wg 2.5 [mm].



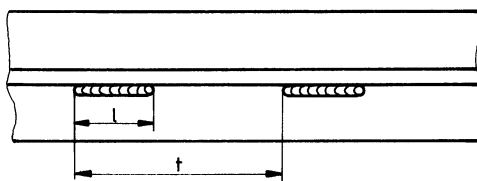
a) spoina przestawna



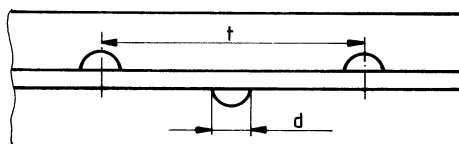
b) spoina symetryczna przerywana



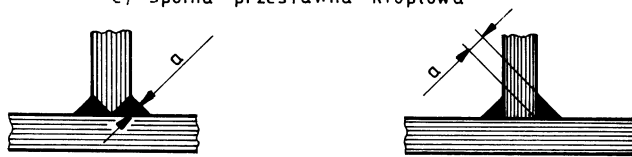
c) spoina z podkrojami



d) spoina jednostronna przerywana



e) spoina przestawna kropłowa

f) Określenie grubości a spoiny pachwinowej

Rys. 4.2.3.1. Typy spoin pachwinowych

Grubość spoiny pachwinowej a powinna być jednocześnie nie mniejsza niż:

- $2,5 \text{ mm} + 0,5t_k$ dla $s_0 = 4 \text{ mm}$,
- $3,0 \text{ mm} + 0,5t_k$ dla $4 < s_0 \leq 10 \text{ mm}$,
- $3,5 \text{ mm} + 0,5t_k$ dla $10 < s_0 \leq 15 \text{ mm}$,
- $0,25s_0 + 0,5t_k$ dla $s_0 > 15 \text{ mm}$.

Tabela 4.2.3.1-1

Lp.	Określenie połączenia	α ¹⁾
1	Konstrukcja dna	
1.1	Wzdłużnik środkowy z poszyciem dna zewnętrznego i wewnętrznego, dno wewnętrzne z poszyciem zewnętrznym	0,40
1.2	Denniki szczelne i części wzdłużników dennych ograniczających zbiorniki	0,35
1.3	Denniki i denne wzdłużniki boczne między sobą oraz z poszyciem dna zewnętrznego i wewnętrznego w rejonie $0,25L_0$ od pionu dziobowego oraz w obrębie przedziału maszynowego	0,25
1.4	Jak wyżej – w pozostałych rejonach	0,20
2	Zład burtowy	
2.1	Wręgi (w tym ramowe) i wzdłużniki burtowe z poszyciem zewnętrznym w rejonie $0,25L_0$ od pionu dziobowego, w zbiornikach, w maszynowni, w obrębie wzmocnień lodowych oraz w rejonie wzmocnień burtowych statków cumujących w morzu	0,17
2.2	Jak wyżej – w pozostałych rejonach	0,13
2.3	Jak wyżej – w skrajniku rufowym	0,25
2.4	Wzdłużniki burtowe z wręgami ramowymi	0,25
3	Zład pokładu i pokład	
3.1	Pokładniki ramowe i wzdłużniki pokładowe z poszyciem	0,17
3.2	Środniki pokładników ramowych ze wzdłużnikami pokładowymi i z grodziami	0,25
3.3	Pokładniki i usztywnienia	0,15
3.4	Pokładniki wspornikowe z poszyciem	0,35
3.5	Mocnica pokładu wytrzymałościowego z mocnicą burtową	0,45 ²⁾
3.6	Mocnice innych pokładów i platform z poszyciem zewnętrznym	0,35 ³⁾
3.7	Zrębnice luków z pokładem w narożach luków	0,45 ²⁾
3.8	Mocniki zrębnic luków ze środnikami zrębnic	0,25
3.9	Ściany zewnętrzne i grodzie zewnętrzne nadbudówek i pokładówek z pokładem górnym	0,35 ³⁾
3.10	Podpory z pokładami i dnem wewnętrznym, węzłówki podpór z podporami, pokładami, dnem wewnętrznym i innymi wiązaniami	0,35
4	Grodzie, przegrody	
4.1	Grodzie ograniczające zbiorniki do przewozu ładunków ciekłych lub balastu – wzdłuż obwodu	0,35 ³⁾
4.2	Usztywnienia grodzi z poszyciem	0,15
4.3	Jak wyżej – w skrajnikach	0,25
4.4	Ramy pionowe i poziome z poszyciem	0,17
4.5	Jak wyżej – w skrajnikach	0,30 ³⁾
4.6	Grodzie poprzeczne z grodziami wzdłużnymi	0,35 ³⁾
5	Fundamenty głównych mechanizmów i kotłów	
5.1	Środniki usztywnień fundamentów z poszyciem zewnętrznym, dnem podwójnym i pokładem	0,35 ²⁾
5.2	Główne płyty nośne (mocniki) ze środnikiem	0,45 ²⁾
5.3	Węzłówki fundamentów ze środnikami usztywnień, z poszyciem zewnętrznym, z dnem wewnętrznym i z pokładem	0,35 ²⁾
5.4	Węzłówki z ich mocnikami	0,25
6	Inne połączenia	
6.2	Węzłówki łączące ze sobą elementy zładu	0,35
6.1	Końce dźwigarów w obrębie $0,15$ ich rozpiętości od podparcia	0,25

1) Wszystkie połączenia spawane konstrukcji wodoszczelnych należy wykonywać dwustronną spoiną ciągłą.

2) Należy zastosować spoiny z pełnym przetopem.

3) Wymagana jest dwustronna spoina ciągła.

Tabela 4.2.3.1-2

Lp.	Typ spoiny pachwinowej	β
1	Dwustronna ciągła	1.0
2	Przestawna przerywana, symetryczna przerywana, z podkrojami	t/l
3	Jednostronna ciągła	2.0
4	Jednostronna przerywana	$2 t/l$

t – podziałka spoiny,
 l – długość spoiny (patrz rys. 4.2.3.1).

4.2.3.2 W połączeniach silnie wyteżonych krawędzie płyt powinny być ukosowane dla zapewnienia spawania z pełnym przetopem lub głębokim wtopem. Pełny przetop należy zastosować na przykład w następujących połączeniach:

- mocnicy pokładu wytrzymałościowego z mocnicą burtową,
- w rejonie fundamentów mechanizmów (patrz tabela 4.2.3.1-1),
- zrębnic luków z pokładem w narożach luków,
- wsporników steru i wsporników wału śrubowego z poszyciem kadłuba,
- poszycia płetwy steru z kołnierzem łączącym płetwę steru z trzonem sterowym.

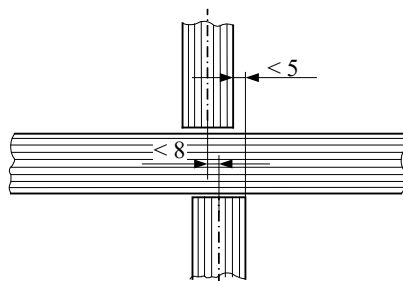
4.2.3.3 W takich połączeniach jak:

- połączenie grodzi poprzecznej z dnem podwójnym lub cokołem,
- wiązania dna podwójnego pod grodzią i cokołem,
- połączenie wiązarów poprzecznych zbiorników środkowych z grodzią wzdłużną,
- połączenie cokołu grodzi z dnem wewnętrznym i zbiornikiem obłowym,
- połączenie wiązań (w celu uzyskania ich ciągłości) ze środnikami konstrukcji, na której są przerwane,

grubość spoiny pachwinowej powinna być zwiększona lub należy zastosować spoinę z pełnym przetopem.

4.2.3.4 Grubość spoiny i przekrój połączeń spawanych silnie wyteżonych podlega odrębnemu rozpatrzeniu przez PRS.

4.2.3.5 Elementy konstrukcyjne i części wiązań, przerwane na poszyciu lub na krzyżujących się z nimi konstrukcjach, powinny znajdować się w jednej płaszczyźnie. Maksymalne przesunięcie płaszczyzn przerwanych elementów konstrukcyjnych i wiązań nie powinno być większe od połowy ich grubości, nie więcej jednak jak jest to określone na rys. 4.2.3.5.



Rys. 4.2.3.5. Przesunięcie płaszczyzn

4.2.3.6 Spoiny obustronnie ciągłe wymagane są:

- dla połączeń wodoszczelnych, olejoszczelnych, strugoszczelnych;
- w rejonie $0,25L_0$ od pionu dziobowego – do spawania elementów zładu z poszyciem dna;
- w obrębie pasa lodowego statków ze wzmocnieniami lodowymi **L1A**, **L1** i **L2**;
- do spawania zładu burtowego z poszyciem zewnętrznym;
- w rejonie podpór i na końcach elementów;
- w konstrukcjach fundamentowych i podporowych dla urządzeń maszynowych;
- dla wszystkich połączeń w skrajniku rufowym;
- dla połączeń w płetwie sterowej z wyjątkiem przypadków, gdzie konieczne jest zastosowanie spawania otworowego;
- dla połączenia dennego wzdłużnika środkowego z płytą stępki.

4.2.3.7 Spoiny przerywane mogą być stosowane w połączeniach mniej wyteżonych – w przestrzeniach suchych i zbiornikach paliwowych.

4.2.3.8 W zbiornikach balastowych, ładunkowych lub wody słodkiej, w przestrzeniach, gdzie woda może się gromadzić lub skraplać, a także w przestrzeniach pustych, zamkniętych, zagrożonych korozją (np. stery) należy stosować spoiny ciągłe – dla połączeń mocno lub dynamicznie obciążonych albo spoiny podkrojowe – dla połączeń mniej wyteżonych.

4.2.3.9 Długość l spoiny przerywanej (patrz rys. 4.2.3.1) powinna być nie mniejsza niż $15a$ i powinna wynosić co najmniej 50 mm. Odstęp między odcinkami spoin (dla spoin symetrycznych i podkrojowych wynoszący $t - l$, a dla spoin przestawnych $\frac{t-2l}{2}$) powinien być nie większy niż $25s$ lub 150 mm – w zależności od tego, która z tych wielkości jest mniejsza (s – grubość cieńszego z łączonych elementów, w mm). Wysokość podkroju w spoinach podkrojowych powinna być nie większa niż 0,25 wysokości kształtownika i nie większa niż 75 mm. Promień zaokrąglenia naroża podkroju powinien być nie mniejszy niż 25 mm.

4.2.3.10 W rejonie podpór, na końcach elementów zładu, przy przejściach elementów zładu przez wiązania podpierające je (pokładniki ramowe, wzdłużniki pokładowe, denniki itp.) należy stosować dwustronne spoiny ciągłe. Długość odcinków dwustronnych spoin ciągłych powinna być nie mniejsza od:

- długości węzłówki – w przypadku gdy takową zastosowano;
- podwójnej wysokości elementu – w przypadku braku węzłówek.

4.2.3.11 Podkroje we wręgach, pokładnikach, usztywnieniach itp. powinny być oddalone od końców tych elementów i podpór (dźwigarów je podpierających) co najmniej na odległość równą podwójnej wysokości kształtownika, a od końców węzłówek – na odległość równą co najmniej połowie wysokości kształtownika.

4.2.3.12 Przystawne spoiny kropłowe oraz jednostronne spoiny przerywane można stosować w połączeniach drugiej i wyższych kondygnacji nadbudówek oraz pokładówek, a także elementów w zamkniętych rejonach pokładów pierwszej kondygnacji nadbudówek. Jeżeli grubość elementu profilowanego lub płyty jest mniejsza niż 7 mm, to można stosować spoiny kropłowe w połączeniach konstrukcji szybów i ścian w tych rejonach kadłuba, gdzie nie występują obciążenia zmienne lub udarowe albo czynniki wywołujące wzmożoną korozję.

4.3 Połączenia elementów zładu

4.3.1 Połączenia elementów zładu kadłuba powinny być w zasadzie doczołowe. Po uzgodnieniu z PRS można stosować połączenia na zakładkę, z wyjątkiem:

- rejonów zwiększonych drgań,

- połączeń wiązań ramowych,
- rejonów podlegających dużym obciążeniom skupionym.

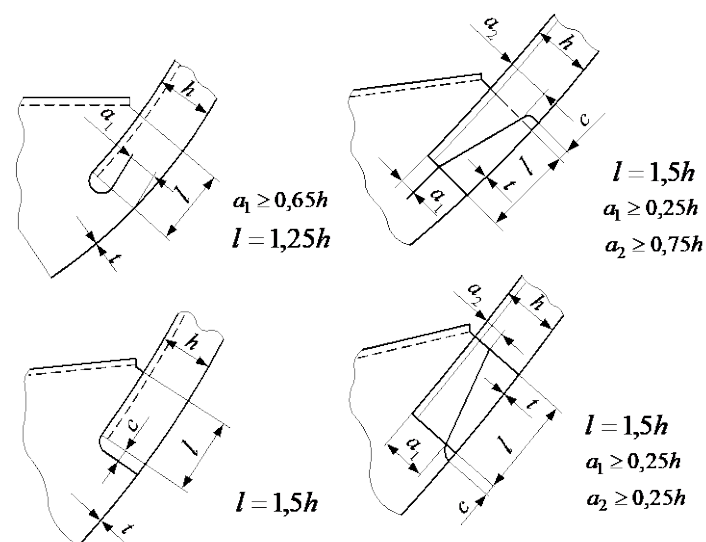
Węzłówki powinny być w zasadzie wykonane z materiału o takiej samej granicy plastyczności jak łączone z nimi elementy zładu.

4.3.2 Wymiary węzłówek – patrz 13.8.

4.3.3 Swobodne końce mocników lub zagięć węzłówek należy wytracać na długości równej szerokości mocnika lub zagięcia elementu zładu, a wielkość progu powinna być nie większa niż grubości środnika węzłówki lub 40 mm (w zależności od tego, która z tych wartości jest mniejsza).

4.3.4 W tych przypadkach, gdy mocniki węzłówek przechodzą w mocniki elementów zładu, styki mocników powinny być odsunięte od końców węzłówek na odległość wynoszącą co najmniej 150 mm, a kąt między mocnikiem węzłówki i kierunkiem mocnika elementu zładu powinien być nie większy niż 45° .

4.3.5 Połączenia dolnych końców wręgów z węzłówkami obłowymi lub dennikami powinny być wykonane zgodnie ze szkicami przedstawionymi na rys. 4.3.5.



$c \leq 50$ mm lub $c \leq 5$ s w zależności od tego, która wartość jest mniejsza

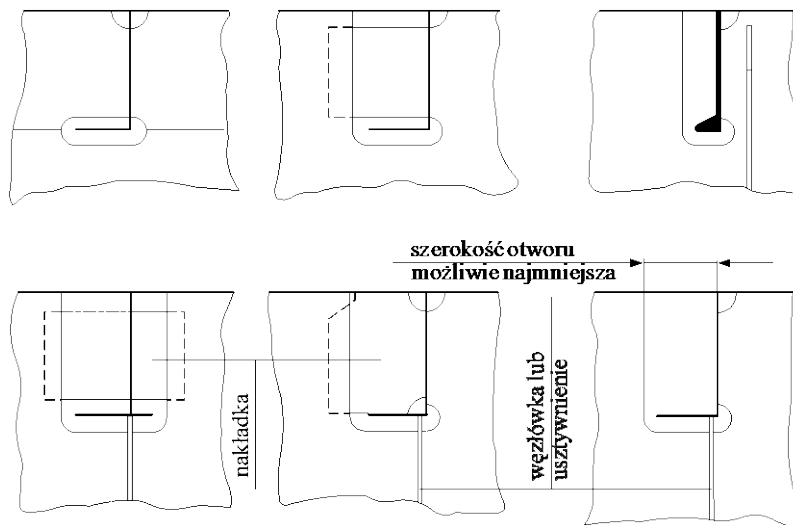
Rys. 4.3.5. Połączenia dolnych końców wręgów

4.3.6 W miejscach zakończeń elementów zładu szerokość mocników i (lub) wysokość środników tych elementów, w zależności od konstrukcji węzła, należy zmniejszyć na długości równej odpowiednio 1,5 szerokości mocnika lub 1,5 wysokości środnika i pozostawić na swobodnym końcu progi:

- dla mocnika – o szerokości równej jego trzem grubościom,
- dla środnika – 10 ÷ 15 mm.

Odległość między ściętym końcem elementu wiązania i najbliższym wiązaniem prostym do tego elementu w zasadzie powinna być nie większa niż 25 mm.

4.3.7 Połączenie usztywnień ze środnikami wiązarów można wykonać jednym ze sposobów pokazanych na rys. 4.3.7.



Rys. 4.3.7. Połączenia usztywnienia ze środkiem wiązara

Jeżeli w środku wiązara występują duże naprężenia styczne, należy stosować połączenia z obu stron środka usztywnienia lub usztywnić swobodną krawędź wycięcia w środku wiązara dla przejścia usztywnienia. Jeżeli zastosowano połączenia dwustronne, to można je uwzględnić w obliczeniach czynnego przekroju poprzecznego środka.

Grubość nakładek powinna być nie mniejsza niż 75% grubości środka wiązarów.

4.4 Połączenia konstrukcji z różnych materiałów

Do łączenia konstrukcji z różnych materiałów (np. stal/stopy aluminium) można stosować połączenia śrubowe lub połączenia poprzez specjalne łączniki (np. wykonane metodą wybuchową).

Połączenia takie podlegają odrębnemu rozpatrzeniu przez PRS. Należy zapewnić wytrzymałość połączenia nie mniejszą od wytrzymałości połączenia śrubowego oraz skuteczną ochronę przed korozją.

5 ZASADY WYMIAROWANIA WIĄZAŃ

5.1 Zasady ogólne

5.1.1 Stopniowanie wymagań

Wymagania rozdziału 5 dotyczą analizy wytrzymałości konstrukcji kadłuba, dokonywanej w trzech zakresach szczegółowości:

- wytrzymałości miejscowej w skali pojedynczego wiązania (np. część traktowana jako płyta podparta na konturze podporowym, usztywnienie, wiązar zwykły), dla której wymagania zawarte są w rozdziale 13;
- wytrzymałości strefowej (dotyczącej systemu wiązarów fragmentów dna, burty, pokładów, grodzi, itp. lub modułu kadłuba zawierającego fragmenty kilku wymienionych wyżej konstrukcji), dla której wymagania zawarte są w rozdziale 14;
- wytrzymałości ogólnej w skali całego kadłuba statku, dla której wymagania zawarte są w rozdziale 15.

Wymagania dotyczące analizy wytrzymałości zmęczeniowej konstrukcji kadłuba zawarte są w rozdziałach 18, 20 i 21 oraz w *Publikacji 45/P – Analiza wytrzymałości zmęczeniowej stalowego kadłuba statku*.

5.1.2 Wytrzymałość miejscowa

Wymagania w zakresie wytrzymałości miejscowej odnoszą się do wymiarowania płyt poszycia, usztywnień, podpór, łączników, węzłówek oraz wiązarów zwykłych. Są to wiązania, dla których znane są z wystarczającą dokładnością warunki brzegowe. W związku z tym oddziaływanie reszty konstrukcji na rozpatrywane wiązanie może być uwzględnione bezpośrednio we wzorach z zakresu wymiarowania wiązań rozpatrywanej grupy.

5.1.3 Wytrzymałość strefowa

5.1.3.1 Jeżeli warunki zamocowania końców wiązarów, podpór lub łączników nie mogą być określone z wystarczającą dokładnością i tym samym wymiary wiązarów nie mogą być ustalone w oparciu o wymagania z zakresu wytrzymałości miejscowej, to ich wymiarowanie należy oprzeć na analizie strefowej wytrzymałości kadłuba.

5.1.3.2 Strefa może obejmować zarówno część pojedynczej konstrukcji (np. dna, burty), jak też kilku konstrukcji w rejonie jednej lub kilku ładowni, zbiorników lub innych pomieszczeń. Granice strefy wyznacza się tam, gdzie znane są warunki brzegowe.

5.1.3.3 Idealizacja wybranej strefy konstrukcji kadłuba polega na sprowadzeniu jej do układu podstawowych wiązarów zapewniających podparcie dla grup wiązań miejscowych.

5.1.3.4 Sprawdzenie strefowej wytrzymałości konstrukcji wymagane jest w określonych przypadkach wyszczególnionych w niniejszej części *Przepisów* i powinno być realizowane w oparciu o wskazania zawarte w przywołanych *Publikacjach*.

5.1.4 Wytrzymałość ogólna

Wymagania w zakresie ogólnej wytrzymałości statku odnoszą się do wytrzymałości wzdłużnej na zginanie oraz na ścinanie. Dla statków o łącznej szerokości luków w przekroju poprzecznym w środku długości luku, większej niż 0,6 szerokości pokładu wytrzymałościowego, w tym przekroju, wymagane jest uwzględnienie dodatkowych naprężeń pochodzących od skręcania kadłuba i od zginania w płaszczyźnie poziomej.

5.2 Podstawy wymagań

5.2.1 Podstawowe zagadnienia

Podstawowe zagadnienia projektowania konstrukcji polegające na określeniu:

- obciążeń obliczeniowych,
- odzewu konstrukcji na obciążenia,
- dopuszczalnych wartości parametrów odzewu konstrukcji w odniesieniu do przyjętych kryteriów wymiarowania

zostały rozwiązane dla poszczególnych poziomów szczegółowości rozpatrywania konstrukcji kadłuba. Rozwiązania te tworzą podstawy, na których oparte są szczegółowe wymagania niniejszej części *Przepisów*.

5.2.2 Obciążenia konstrukcji

5.2.2.1 Przy określaniu wymagań dotyczących obciążeń obliczeniowych konstrukcji kadłuba, zawartych w niniejszej części *Przepisów*, zostało uwzględnione statyczne i dynamiczne oddziaływanie środowiska morskiego oraz ładunku, zapasów i znacznych mas skupionego ładunku i wyposażenia statku. W określonych przypadkach zostały również uwzględnione obciążenia udarowe pochodzące od oddziaływania fal na kadłub, jak też od oddziaływania cieczy w częściowo wypełnionych zbiornikach na ich ściany.

5.2.2.2 Statyczne obciążenia obliczeniowe określone są dla typowych stanów załadowania statku, przedstawionych przez armatora (projektanta).

W niniejszej części *Przepisów* podane są typowe stany załadowania dla różnych typów statków; stany te należy uwzględnić w obliczeniach.

5.2.2.3 Wymagania dotyczące dynamicznych obciążeń obliczeniowych zostały określone w oparciu o długoterminową prognozę ruchów statku w czasie jego eksploatacji. Przyjęto, że okres eksploatacji statku odpowiada 10^8 spotkań statku z falą (cykli obciążenia) na Północnym Atlantyku. Jako równoważne dla celów klasyfikacji mogą być uznane obciążenia obliczeniowe, określone według uznanych teorii, badań modelowych lub pomiarów na statkach rzeczywistych.

5.2.3 Odzew konstrukcji

5.2.3.1 Wymagania dotyczące odzewu konstrukcji w postaci naprężeń lub odkształceń w poszczególnych punktach i przekrojach wiązań miejscowych (płyt poszycia, usztywnień lub wiązań zwykłych) zostały sformułowane w oparciu o teorię sprężystości i plastyczności z uwzględnieniem założonych warunków brzegowych.

5.2.3.2 Grubość płyt poszycia podlegających działaniu ciśnienia powierzchniowego należy obliczać wg wzoru:

$$t = 18k_a s \sqrt{\frac{p}{\sigma}} + t_k \text{ [mm]} \quad (5.2.3.2-1)$$

k_a – współczynnik poprawkowy zależny od stosunku długości boków konturu podporowego pola płytowego, obliczany według wzoru:

$$k_a = \left(1 - 0,27 \frac{s}{l}\right)^2 \quad (5.2.3.2-2)$$

zastosowana wartość k_a nie musi być większa niż 0,88;

s – długość krótszego boku pola płytowego [m];

l – długość dłuższego boku pola płytowego [m];

- p – powierzchniowe ciśnienie obliczeniowe działające na pole płytowe [kPa];
 t_k – naddatek korozyjny (patrz 2.5) [mm];
 σ – naprężenia dopuszczalne [MPa].

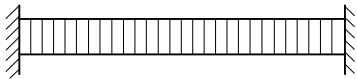
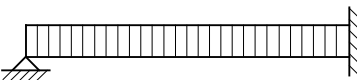
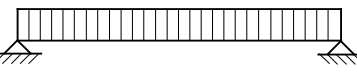
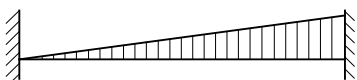
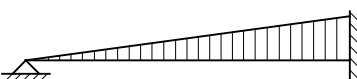
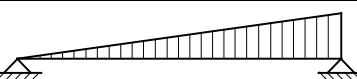
5.2.3.3 Dla usztywnień podlegających działaniu ciśnienia na podpierane przez nie poszycie wymagany wskaźnik przekroju, W , ma postać funkcji warunków zamocowania ich końców oraz dopuszczalnego naprężenia przy zginaniu:

$$W = \frac{1000ql^2}{m\sigma} \text{ [cm}^3\text{]} \quad (5.2.3.3)$$

- $q = pb$;
 p – patrz 5.2.3.2;
 b – szerokość pasa poszycia podieranego przez rozpatrywane usztywnienie [m];
 l – rozpiętość usztywnienia [m];
 σ – naprężenia dopuszczalne przy zginaniu [MPa];
 m – współczynnik momentu gnącego, uwzględniający sposób zamocowania końców usztywnienia i warunki obciążenia. Wartości współczynnika momentu gnącego, m , podano w rozdziale 13, oddzielnie dla poszczególnych grup wiązań. Przy wymiarowaniu wiązań w zakresie odkształceń sprężystych, wartości współczynnika m określono bezpośrednio z ogólnej teorii zginania sprężystego.

W tabeli 5.2.3.3 zostały podane wartości współczynnika m dla niektórych warunków obciążenia i zamocowania końców usztywnień.

Tabela 5.2.3.3
Wartości współczynników m i k_t

Obciążenie i warunki brzegowe			Współczynniki momentów gnących i sił poprzecznych		
Położenie			1	2	3
1 podpora	2 ekstremum	3 podpora	m_1	m_2	m_3
między podporami			k_{t1}	-	k_{t2}
			12,0	24,0	12,0
			0,50	-	0,50
			-	14,2	8,0
			0,38	-	0,63
			-	8,0	-
			0,50	-	0,50
			15	23,3	10
			0,30	-	0,70
			-	16,8	7,5
			0,20	-	0,80
			-	7,8	-
			0,33	-	0,67

5.2.3.4 Wymagania w zakresie pola poprzecznego przekroju usztywnienia podlegającego ścinaniu są podane jako funkcje warunków zamocowania końców tego usztywnienia oraz dopuszczalnego naprężenia przy ścinaniu.

Wartość pola poprzecznego przekroju usztywnienia określa się wg wzoru:

$$A = 10 \frac{k_t P}{\tau} \text{ [cm}^2\text{]} \quad (5.2.3.4)$$

τ – naprężenia dopuszczalne przy ścinaniu [MPa];

P – całkowite obciążenie poprzeczne usztywnienia [kN];

k_t – współczynnik siły poprzecznej, uwzględniający sposób zamocowania końców usztywnienia i warunki obciążenia.

W tabeli 5.2.3.3 zostały podane wartości współczynnika k_t dla niektórych warunków obciążenia I zamocowania końców usztywnień.

5.2.3.5 Wymiarowanie elementów wiązarów zginanych odbywa się według zasad podanych w 5.2.3.3 dla usztywnień. Podane wzory mają zastosowanie do wiązarów zwykłych, tzn. takich, które można modelować belką jednoprzęsłową o znanych warunkach zamocowania końców.

5.2.3.6 Jeśli wiązary nie spełniają warunków podanych w 5.2.3.5, odzew konstrukcji należy określać na podstawie odpowiednich metod analizy strefowej wytrzymałości konstrukcji.

Zaleca się stosowanie skomputeryzowanych macierzowych metod analizy w oparciu o belkową idealizację konstrukcji lub w oparciu o idealizację konstrukcji za pomocą innych rodzajów elementów skończonych.

5.2.3.7 Wymagania dotyczące odzewu konstrukcji na obciążenia wywołane zginaniem ogólnym kadłuba zostały określone w oparciu o liniową teorię zginania belki prostej.

5.2.3.8 W rejonie rufy i przedziału maszynowego należy przedsięwziąć odpowiednie środki dla uniknięcia nadmiernych drgań konstrukcji. Wskazówki dotyczące tego zagadnienia zawiera *Publikacja 2/I – Zapobieganie drganiom na statkach*.

6 DNO

6.1 Zasady ogólne

6.1.1 Zastosowanie

Wymagania rozdziału 6 dotyczą konstrukcji dna pojedynczego i podwójnego, zdefiniowanych w 1.2.5.

6.1.2 Dno podwójne na statkach pasażerskich i towarowych (innych niż zbiornikowce)

6.1.2.1 Na statku należy zastosować dno podwójne*, rozciągające się od grodzi zderzeniowej do grodzi skrajnika rufowego, o ile jest to wykonalne i zgodne z konstrukcją i prawidłowym funkcjonowaniem statku. (SOLAS II-1/9.1)

* Uwagi wyjaśniające – patrz MSC.429(98)/Rev.2.

6.1.2.2 Jeżeli wymagane jest zastosowanie dna podwójnego, dno wewnętrzne powinno rozciągać się do burt statku w taki sposób, aby przykrywało dno aż do początku obła. Przykrycie obła uważa się za zadowalające, jeżeli każda część dna wewnętrznego leży powyżej płaszczyzny równoległej do linii stępki i położonej w odległości od stępki (mierzonej pionowo), obliczonej ze wzoru:

$$h = B/20. \quad (6.1.2.2)$$

Jednak przyjęta wartość h nie może być mniejsza niż 760 mm i nie musi być większa niż 2,0 m. (SOLAS II-1/9.2)

* Uwagi wyjaśniające – patrz MSC.429(98)/Rev.2.

6.1.2.3 Dno podwójne nie musi być stosowane w rejonie zbiorników wodoszczelnych, w tym zbiorników suchych średniej wielkości, pod warunkiem że nie wpłynie to negatywnie na bezpieczeństwo statku w przypadku uszkodzenia dna lub burty. (SOLAS II-1/9.4)

6.1.2.4 W przypadku statków pasażerskich, do których mają zastosowanie wymagania prawidła SOLAS 1.5 i które uprawiają żeglugę regularną w granicach krótkich rejsów międzynarodowych określonych w prawidło SOLAS III/3.22, PRS może zezwolić na rezygnację z dna podwójnego, jeżeli stwierdzono, że zastosowanie studzienki w tej części dna podwójnego nie byłoby zgodne z projektem i prawidłowym funkcjonowaniem statku. (SOLAS II-1/9.5)

6.1.2.5 Każda część statku towarowego o długości 80 m i większej lub statku pasażerskiego, dla której nie zastosowano dna podwójnego zgodnie z pkt 6.1.2.1, 6.1.2.3 lub 6.1.2.4 (SOLAS par. II-1/9.1, /9.4 lub /9.5), jak określone w pkt. 6.1.2.2, powinna wytrzymać uszkodzenia dna określone w pkt. 6.1.2.7 (SOLAS pkt. /9.8) w tej części statku. W przypadku statków towarowych o długości mniejszej niż 80 m rozwiązania alternatywne powinny zapewniać poziom bezpieczeństwa satysfakcjonujący PRS. (SOLAS II-1/9.6)

* Uwagi wyjaśniające – patrz MSC.429(98)/Rev.2.

6.1.2.6 W przypadku nietypowych rozwiązań dna na statku towarowym o długości 80 m i większej lub na statku pasażerskim, należy wykazać, że statek ten jest w stanie wytrzymać uszkodzenia dna określone w pkt 6.1.2.7 (SOLAS par. /9.8). Dla statków towarowych o długości mniejszej niż 80 m, rozwiązania alternatywne powinny zapewniać poziom bezpieczeństwa satysfakcjonujący PRS. (SOLAS II-1/9.7)

* Uwagi wyjaśniające – patrz MSC.429(98)/Rev.2.

6.1.2.7 Zgodność z wymaganiami pkt 6.2.11.1, 6.2.11.3, 6.1.2.5 oraz 6.1.2.6 (SOLAS par. II-1/9.3.1, /9.3.2.1, /9.6 lub /9.7) należy osiągnąć poprzez wykazanie, że współczynnik s_i , obliczony zgodnie z prawidłem SOLAS II-1/7-2 (z poprawkami zawartymi w MSC.474(102)), wynosi nie mniej niż 1 dla wszystkich warunków eksploatacji podlegających uszkodzeniom dna w zakresie określonym w pkt .2 poniżej dla dowolnego miejsca w dotkniętej uszkodzeniem części statku:

- .1 zalanie takich pomieszczeń nie może spowodować, że awaryjne zasilanie i oświetlenie, łączność wewnętrzna, sygnalizacja lub inne urządzenia awaryjne przestaną działać w innych częściach statku.
- .2 zakładany zakres uszkodzeń powinien być następujący:

	Dla 0,3 L od pionu dziobowego statku	Jakakolwiek inna część statku
Zasięg wzdłużny	1/3 L2/3 lub 14.5 m, w zależności od tego, która wartość jest mniejsza	1/3 L2/3 lub 14,5 m, w zależności od tego, która wartość jest mniejsza
Zasięg poprzeczny	B/6 lub 10 m, w zależności od tego, która wartość jest mniejsza	B/6 lub 5 m, w zależności od tego, która wartość jest mniejsza
Zasięg pionowy mierzony od linii stępki	B/20, należy przyjmować nie mniej niż 0,76 m i nie więcej niż 2 m	B/20, należy przyjmować nie mniej niż 0,76 m i nie więcej niż 2 m

- .3 jeżeli jakiegokolwiek uszkodzenie w stopniu mniejszym niż maksymalne uszkodzenie określone w .2 spowodowałoby poważniejszy stan, należy rozważyć takie uszkodzenie. (SOLAS II-1/9.8)

* Uwagi wyjaśniające – patrz MSC.429(98)/Rev.2.

6.1.2.8 W przypadku dużych ładowni dolnych na statkach pasażerskich, PRS może wymagać zwiększenia wysokości dna podwójnego do wartości nie większej niż B/10 lub 3 m, w zależności od tego, która wartość jest mniejsza, mierząc od linii stępki. Alternatywnie, dla tych rejonów można obliczyć uszkodzenia dna, zgodnie z pkt 6.1.2.7 (SOLAS II-1/9.8), ale przy założeniu zwiększonego zasięgu pionowego. (SOLAS II-1/9.9)

* Uwagi wyjaśniające – patrz MSC.429(98)/Rev.2.

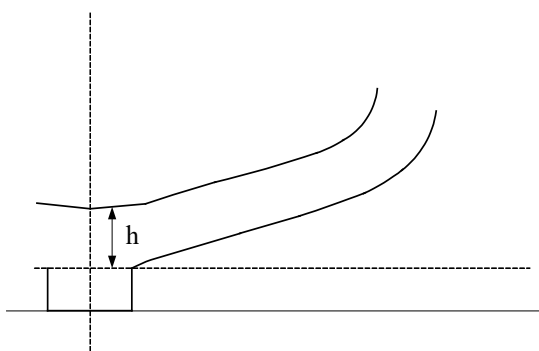
6.1.3 Zbiorniki paliwowe w dnie podwójnym lub w pobliżu dna

Jeżeli łączna pojemność zbiorników paliwowych na statku wynosi 600 m³ lub więcej, to zbiorniki paliwowe w dnie podwójnym lub w pobliżu dna powinny być rozplanowane w taki sposób, aby spełnione były wymagania prawidła 12A z Załącznika I do *Konwencji MARPOL 73/78*.

W przypadku statków zaprojektowanych ze stałym przegłębieniem, nie należy stosować płaszczyzny podstawowej jako płaszczyzny odniesienia przy określaniu wartości h . Odległość h należy mierzyć na wręgach, prostopadle do wewnętrznej krawędzi poszycia dna.

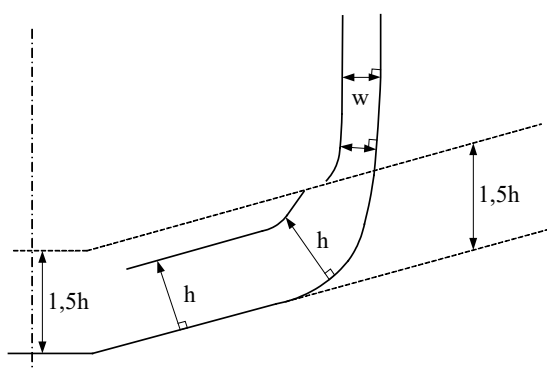
W przypadku statków zaprojektowanych z płetwą denną (skegiem), płetwa denna nie jest traktowana jako ochrona zbiorników paliwowych.

Na szerokości płetwy dennej, odległość h powinna być mierzona prostopadle do linii poprowadzonej równolegle do płaszczyzny podstawowej, a przechodzącej przez punkt przecięcia się płetwy dennej i wewnętrznej krawędzi poszycia dna (patrz rys. 6.1.3-1).



Rys. 6.1.3-1

W przypadku statków zaprojektowanych z podobieniem dna, odległość $1,5h$ powinna być mierzona od wewnętrznej krawędzi poszycia dna, lecz pod kątem prostym do płaszczyzny podstawowej (patrz rys. 6.1.3-2).



Rys. 6.1.3-2. Płaskie dno

6.2 Konstrukcja dna podwójnego

6.2.1 Wymagania ogólne

6.2.1.1 Jeżeli ramy fundamentowe silników głównych, łożysk oporowych lub kotłów są przymocowane bezpośrednio do dna wewnętrznego, to denniki, wzdłużniki i poszycie dna wewnętrznego powinny spełniać odpowiednie wymagania rozdziału 12.

W obrębie silnika głównego, łożyska oporowego i kotłów konstrukcja dna powinna być odpowiednio wzmocniona.

Wzmocnienia należy stosować także pod podporami i grodziami lub ścianami podpierającymi położone powyżej konstrukcje kadłuba.

6.2.1.2 Zbiorniki balastowe w dnie podwójnym, w skrajniku dziobowym i w skrajniku rufowym powinny być skonstruowane w taki sposób, aby spełnione były zalecenia zawarte w wydanym przez IMO cyrkularzu MSC/Circ.1021; w szczególności należy zapewnić efektywny dopływ wody balastowej do rur ssących instalacji balastowej oraz zapobiec gromadzeniu się resztek wody i osadów.

6.2.2 Układ wiązań

6.2.2.1 Zaleca się, aby na statkach o długości $L_0 \geq 150$ m dno podwójne w rejonie ładowni było usztywnione wzdłużnie.

6.2.2.2 Jeżeli dno wewnętrzne lub zewnętrzne jest usztywnione wzdłużnie, to:

- na statkach o długości $L_0 \geq 150$ m wręgi wzdłużne powinny być poprowadzone w sposób ciągły przez denniki w rejonie o współrzędnych:

$$- 0,25L_0 \leq x \leq 0,25L_0$$

- na statkach o długości $50 \text{ m} < L_0 < 150$ m wręgi wzdłużne mogą być przerywane na dennikach w rejonie jw., przy czym należy zamontować węzłówki przechodzące przez szczelinowe wycięcia w dennikach lub grodziach i łączące poszczególne odcinki wręgów wzdłużnych, lub w inny sposób zapewnić ciągłość konstrukcji;
- na statkach o długości $L_0 \leq 50$ wręgi wzdłużne na całej długości statku mogą być przerywane na dennikach i spawane do nich;
- poza rejonem o współrzędnych jw., niezależnie od długości statku, wręgi wzdłużne mogą być przerywane i spawane do denników.

6.2.3 Rozmieszczenie wiązarów dna podwójnego

Rozmieszczenie wzdłużników oraz denników powinno być zgodne z wymaganiami podanymi w 6.2.4 do 6.2.6 oraz w 6.6.1.

Rozmieszczenie wiązarów w dnie podwójnym może być inne, jeżeli zostaną spełnione wymagania w zakresie wytrzymałości miejscowej (patrz rozdział 13) oraz ewentualnie strefowej (patrz rozdział 14).

6.2.4 Denny wzdłużnik środkowy i tunelowy

6.2.4.1 W płaszczyźnie symetrii statku należy zastosować denny wzdłużnik środkowy. Powinien on być doprowadzony możliwie daleko w kierunku dziobu i rufy. W rejonie o współrzędnych $- 0,3L_0 \leq x \leq 0,3L_0$ wzdłużnik środkowy powinien być ciągły.

6.2.4.2 Na statkach z dnem podwójnym zamiast dennego wzdłużnika środkowego można zastosować środkowy wzdłużnik tunelowy, złożony z dwóch wzdłużników umieszczonych po obu stronach płaszczyzny symetrii statku. Odległość między wzdłużnikami w zasadzie nie powinna przekraczać wartości obliczonej wg wzoru:

$$b = 0,004L_0 + 1,0 \text{ [m]} \quad (6.2.4.2)$$

i nie powinna być większa niż 1,9 m. Odległość ta może być zwiększona po odrębnym rozpatrzeniu przez PRS.

Na poszyciu dna zewnętrznego i wewnętrznego, pomiędzy tymi wzdłużnikami, w płaszczyźnie każdego wręgu (i w odstępnie nie większym niż 0,9 m) należy stosować płyty wspornikowe lub poprzeczne usztywnienia z węzłówkami.

6.2.4.3 Jeżeli wzdłużnik tunelowy wykonany jest tylko w części długości statku, a w pozostałej części przechodzi w pojedynczy wzdłużnik środkowy, to oba te wzdłużniki powinny nakładać się na długości równej co najmniej połowie wysokości dna podwójnego (długość ta może być nie większa niż odstęp wręgów) i być zakończone węzłówkami z mocnikami. Jeżeli przejście to znajduje się w rejonie o współrzędnych $- 0,3L_0 \leq x \leq 0,3L_0$, to długość węzłówek powinna być równa co najmniej wysokości dna podwójnego, w innym przypadku – co najmniej $2/3$ wysokości dna podwójnego.

6.2.5 Rozmieszczenie wzdłużników bocznych

6.2.5.1 Odległość między wzdłużnikiem bocznym a krawężnicą lub wzdłużnikiem środkowym albo tunelowym oraz odległość między poszczególnymi wzdłużnikami bocznymi w dnie podwójnym powinna być nie większa niż:

5 m – przy wzdłużnym układzie wiązań,

4 m – przy poprzecznym układzie wiązań.

6.2.5.2 Wzdłużniki w przedziale maszynowym powinny być rozmieszczone zgodnie z usytuowaniem fundamentów silników i innych urządzeń o znaczącym ciężarze.

6.2.6 Rozmieszczenie denników

6.2.6.1 W dnie podwójnym o poprzecznym układzie wiązań odstęp denników pełnych nie powinien być większy od podanego w tabeli 6.2.6.4.

6.2.6.2 W dnie podwójnym o wzdłużnym układzie wiązań odstęp denników pełnych powinien być nie większy niż 3,6 m, a w rejonie zbiorników głębokich nie większy niż 2,5 m.

6.2.6.3 W rejonie przedziału maszynowego, w dnie podwójnym o poprzecznym układzie wiązań, denniki pełne powinny być zastosowane na każdym wręgu.

6.2.6.4 W rejonie przedziału maszynowego, w dnie podwójnym o wzdłużnym układzie wiązań, denniki pełne powinny być zastosowane w odstępach nie większych niż wysokość dna podwójnego. W rejonie fundamentu silnika głównego, pomiędzy wzdłużnikami sąsiadującymi od strony burty ze wzdłużnikami fundamentowymi, denniki pełne powinny być zastosowane na każdym wręgu.

Tabela 6.2.6.4
Rozmieszczenie denników pełnych w dnie podwójnym

Zanurzenie T [m]	W rejonie zbiorników głębokich ¹⁾	Poza rejonem zbiorników głębokich i przedziałem maszynowym ²⁾
$T \leq 2$	na co czwartym wręgu	na co szóstym wręgu
$2 < T \leq 5,4$	na co trzecim wręgu	na co piątym wręgu
$5,4 < T \leq 8,1$	na co trzecim wręgu	na co czwartym wręgu
$T > 8,1$	na co drugim wręgu	na co trzecim wręgu

¹⁾ Gdy wysokość zbiornika głębokiego jest większa niż 0,7 odległości pomiędzy dnem wewnętrznym a pokładem grodzionym.

²⁾ Odległość pomiędzy dennikami nie powinna przekraczać 3 m.

6.2.7 Rozmieszczenie płyt wspornikowych w dnie podwójnym

6.2.7.1 Płyty wspornikowe należy zastosować po obu stronach dennego wzdłużnika środkowego oraz co najmniej po jednej stronie każdego wzdłużnika bocznego, tunelowego i płyty krawędziowej (krawężnicy), doprowadzając je w przypadku wzdłużnego układu wiązań do najbliższego wręgu wzdłużnego. Patrz także 6.3.3.4.

Na swobodnej krawędzi płyty wspornikowej należy zastosować mocnik lub zagięcie.

6.2.7.2 W dnie podwójnym o wzdłużnym układzie wiązań odstęp płyt wspornikowych nie powinien być większy niż wysokość dna podwójnego, a przy wzdłużniku tunelowym – nie większy niż połowa wysokości dna podwójnego.

Jeżeli burta przy dnie podwójnym ma poprzeczny układ usztywnień, to płyty wspornikowe przy płycie krawędziowej powinny być zastosowane na każdym wręgu.

Przy dennym wzdłużniku środkowym, pomiędzy płytami wspornikowymi, należy usytuować węzłówki dokowe, sięgające do najbliższego wręgu wzdłużnego.

6.2.7.3 W dnie podwójnym o poprzecznym układzie wiązań, na wręgach, na których nie zastosowano denników pełnych, należy zastosować płyty wspornikowe przy dennym wzdłużniku środkowym i przy płycie krawędziowej, będące częścią denników otwartych.

6.2.8 Włazy, przełazy, otwory i wycięcia

6.2.8.1 Dla zapewnienia dostępu do wszystkich części dna podwójnego należy przewidzieć niezbędną liczbę włazów w poszyciu dna wewnętrznego oraz przełazów w dennikach pełnych i wzdłużnikach. Zastosowane otwory, ich rozmieszczenie i wielkość powinny spełnić wymagania podrozdziału 3.5 oraz podane w następnych punktach podrozdziału 6.2.8. Ponadto należy uwzględnić zalecenia zawarte w wydanym przez IMO cyrkularzu MSC/Circ.1021.

6.2.8.2 Włazy w poszyciu dna wewnętrznego powinny odpowiadać wymaganiom *Części III – Wyposażenie kadłubowe*.

6.2.8.3 Włazy w poszyciu dna wewnętrznego dla dostępu do zbiorników paliwa w obrębie przedziału maszynowego powinny mieć zrębnice o wysokości co najmniej 100 mm.

6.2.8.4 Średnica otworów ulżeniowych w płytach wspornikowych denników otwartych nie powinna przekraczać 1/3 szerokości płyt wspornikowych.

6.2.8.5 Odległość między krawędziami dwu sąsiednich otworów powinna być nie mniejsza niż połowa szerokości większego z tych otworów.

6.2.8.6 W rejonie o współrzędnych $x > 0,25L_0$ liczbę przełazów i otworów komunikacyjnych we wzdłużnikach bocznych i dennikach pełnych należy ograniczyć do niezbędnego minimum.

6.2.8.7 Otwory ściekowe i odpowietrzające należy wycinać zgodnie z 3.5.1.1 oraz 3.5.1.5.

6.2.8.8 Nie należy wykonywać otworów:

- w stępce płaskiej,
- w pasie obłowym poszycia w rejonie o współrzędnych $-0,3L_0 \leq x \leq 0,3L_0$, a konieczne otwory należy usytuować możliwie jak najdalej od stępki przechyłowej.

6.2.8.9 W zasadzie nie należy wykonywać otworów:

- w dennym wzdłużniku środkowym – w rejonie o współrzędnych $x > 0,25L_0$;
- we wzdłużnikach i dennikach – pod podporami oraz przy zakończeniu przegród wzdłużnych,
- w dennym wzdłużniku środkowym i wzdłużnikach bocznych – między grodzią poprzeczną a najbliższymi dennikami pełnymi;
- w dennikach – w częściach bezpośrednio połączonych z krawężnicą i wzdłużnikiem środkowym oraz w obrębie zakończeń węzłówek wzmacniających w kierunku poprzecznym fundamenty głównych mechanizmów.

W szczególnych przypadkach mogą być w wymienionych wiązaniach wykonane otwory, pod warunkiem że zostaną one wzmocnione za pomocą usztywnień lub krawędzie otworów zostaną obramowane.

Usytuowanie i wielkość otworów mogą zostać ustalone także na podstawie analizy naprężeń, przeprowadzonej zgodnie z wymaganiami podanymi w rozdziałach 13 i 14 oraz analizy wytrzymałości zmęczeniowej – na podstawie *Publikacji 45/P – Analiza wytrzymałości zmęczeniowej stalowego kadłuba statku*.

6.2.9 Dno podwójne przerywane

W miejscach, w których dno podwójne kończy się, należy przewidzieć łagodne przejście od wiązań wzdłużnych dna podwójnego do wiązań wzdłużnych dna pojedynczego.

Poszycie dna wewnętrznego powinno przechodzić stopniowo, na długości równej co najmniej wysokości dna podwójnego, w mocniki dennego wzdłużnika środkowego i dennych wzdłużników

bocznych dna pojedynczego. Szerokość tych mocników przy zakończeniu dna podwójnego powinna być nie mniejsza niż połowa odległości pomiędzy sąsiadującymi wzdłużnikami.

Krawężnice należy przedłużyć poza dno podwójne, w formie węzłówki o długości nie mniejszej niż trzy odstępy wręgowe, z płaskownikiem lub zagięciem na swobodnej krawędzi.

6.2.10 Zmiana wysokości dna podwójnego

6.2.10.1 Zmiana wysokości dna podwójnego może odbywać się w formie dwóch załamania lub w formie uskoku. Załamania dna wewnętrznego powinny znajdować się na grodzi poprzecznej i denniku pełnym. W przypadkach uzgodnionych z PRS obydwie załamania mogą być umiejscowione na dennikach pełnych.

6.2.10.2 Jeżeli zmiana wysokości dna następuje poprzez uskok, powinien on w zasadzie znajdować się na grodzi poprzecznej.

6.2.10.3 W miejscach uskoku powinno być wykonane przedłużenie poszycia dna wewnętrznego usytuowanego niżej, na odległość co najmniej równą wysokości dna podwójnego na statkach o $L_0 \geq 90$ m i $2/3$ wysokości dna podwójnego przy $L_0 < 90$ m.

6.2.10.4 Jeżeli uskok znajduje się poza rejonem o współrzędnych $-0,25L_0 \leq x \leq 0,25L_0$ lub jeżeli wysokość uskoku jest mniejsza niż 660 mm, to konstrukcja dna podwójnego w obrębie przedłużenia podlega odrębnemu rozpatrzeniu przez PRS.

6.2.10.5 Należy zapewnić ciągłość konstrukcyjną i zmniejszenie koncentracji naprężeń w miejscu zmiany wysokości dennego wzdłużnika środkowego, wzdłużników bocznych, krawężnic i wzdłużnych wręgów dna wewnętrznego, jeżeli je zastosowano.

6.2.11 Studzienki ściekowe

6.2.11.1 Małe studzienki zęzowe w dnie podwójnym w połączeniu z urządzeniami odwadniającymi nie powinny być nadmiernie obniżone w stosunku do poziomu dna wewnętrznego niż jest to konieczne. Odległość pionowa od dna takiej studzienki do płaszczyzny pokrywającej się z linią stępki nie powinna być mniejsza niż $h/2$ lub 500 mm, w zależności od tego, która wartość jest większa, lub dla tej części statku należy wykazać że spełnia on wymagania pkt. 6.1.2.7 (SOLAS par. II-1/9.8). (SOLAS II-1/9.3.1)

6.2.11.2 PRS może zezwolić na inne studzienki (np. na olej smarowy pod silnikami głównymi), jeżeli zostanie potwierdzone, że rozwiązania zapewniają ochronę równoważną tej, jaką zapewnia dno podwójne zgodne z tym wymaganiem. (SOLAS II-1/9.3.2)

6.2.11.3 W przypadku statku towarowego o długości 80 m i większej lub statku pasażerskiego należy przedstawić równoważną ochronę poprzez wykazanie, że statek jest w stanie wytrzymać uszkodzenia od dna określone w pkt 6.1.2.7 (SOLAS II-1/9.8). Alternatywnie studzienki na olej smarowy znajdujące się pod silnikami głównymi mogą wchodzić w dno podwójne poniżej linii granicznej określonej przez odległość h , pod warunkiem, że odległość pionowa pomiędzy dnem studzienki a płaszczyzną pokrywającą się z linią stępki jest nie mniejsza niż $h/2$ lub 500 mm, w zależności od tego, która wartość jest większa. (SOLAS II-1/9.3.2.1)

6.2.11.4 Dla statków towarowych o długości mniejszej niż 80 m zastosowane rozwiązania powinny zapewniać poziom bezpieczeństwa spełniający wymagania PRS. (SOLAS II-1/9.3.2.2)

* Uwagi wyjaśniające – patrz MSC.429(98)/Rev.2.

6.3 Wymiarowanie wiązań dna podwójnego

6.3.1 Wysokość dna podwójnego

6.3.1.1 Wysokość dennego wzdłużnika środkowego i przyłączonych do niego denników pełnych nie powinna być mniejsza niż wysokość obliczona wg wzoru:

$$h_d = 250 + 20B + 50T \text{ [mm]} \quad (6.3.1.1)$$

Dla statków o dużym podobieniu może być wymagane zwiększenie wartości h_d .

6.3.1.2 Wysokość dna powinna być wystarczająca, aby zapewnić swobodny dostęp do wszystkich części dna. Nie może ona być mniejsza niż 650 mm.

6.3.1.3 W przedziale maszynowym, w rejonie ustawienia spalinowego tłokowego silnika głównego i przekładni, wysokość dna powinna być zwiększona o 45%, jeżeli zbiornik ściekowy oleju smarowego znajduje się pod silnikiem lub o 30% – w innych przypadkach.

6.3.2 Poszycie dna zewnętrznego i wewnętrznego

6.3.2.1 Grubość płyt poszycia dna zewnętrznego i dna wewnętrznego należy określać zgodnie z 13.2.2 i 13.4.2.

6.3.2.2 Grubość poszycia dna w części dziobowej należy dodatkowo sprawdzić według 6.7.2, uwzględniając obciążenia udarowe.

6.3.2.3 Grubość stępki płaskiej powinna być nie mniejsza niż grubość przyległego poszycia dna.

6.3.2.4 Szerokość stępki płaskiej powinna być nie mniejsza niż szerokość obliczona wg wzoru:

$$b = 800 + 5L_0 \text{ [mm]} \quad (6.3.2.4)$$

lecz nie musi przekraczać 1800 mm.

6.3.2.5 Jeżeli obłowy pas poszycia nie jest usztywniony lub jest usztywniony tylko przez jedno usztywnienie umiejscowione w zakrzywionej części, to grubość poszycia na obłe nie powinna być mniejsza niż:

$$t = 1,11 \sqrt[3]{R_0^2 l p} + t_k \text{ [mm]} \quad (6.3.2.5-1)$$

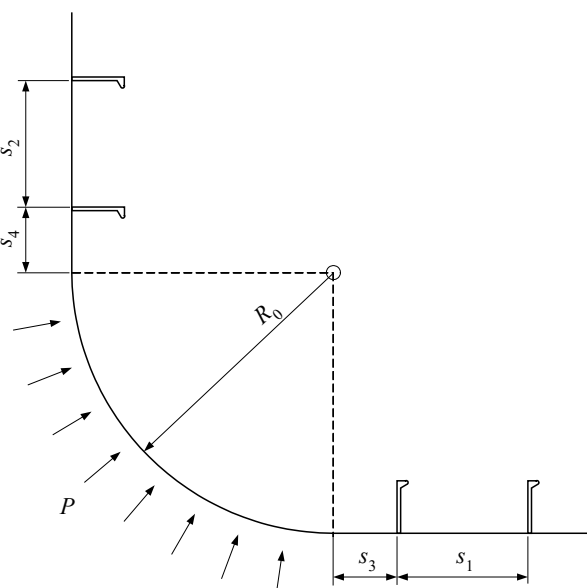
gdzie:

R_0 – promień krzywizny (rys. 6.3.2.5), [m];

l – odległość pomiędzy płytami wspornikowymi (lub dennikami) usztywniającymi obło [m];

p – ciśnienie obliczeniowe wg 16.2.2.1 [kPa];

t_k – naddatek korozyjny wg podrozdziału 2.5.



Rys. 6.3.2.5

Jeżeli wzdłużne usztywnienia w rejonie obła są usytuowane poza częścią zakrzywioną (rys. 6.3.2.5), to we wzorze 6.3.2.5-1 należy zastąpić wartość R_0 przez R :

$$R = R_0 + 0,5(s_3 + s_4) \quad (6.3.2.5-2)$$

gdzie:

s_3, s_4 – patrz rys. 6.3.2.5.

Wartość s_3 powinna być nie większa niż s_1 a wartość s_4 – nie większa niż s_2 .

Grubość obłowego pasa poszycia powinna być ponadto nie mniejsza niż grubość sąsiadujących płyt poszycia dna i burty statku.

6.3.2.6 Jeżeli zgodnie z wymaganiami podanymi w 2.2 dla obłowego pasa poszycia lub pasa dna zewnętrznego, do którego przyłączona jest efektywna gródź wzdłużna, wymagana jest stal kategorii wyższej od kategorii A, to szerokość pasa powinna być nie mniejsza niż szerokość wymagana według 6.3.2.4.

6.3.2.7 Krawężnica nachylona powinna mieć na całej długości statku szerokość nie mniejszą niż szerokość obliczona wg wzoru:

$$b = 0,0035L_0 + 0,40 \text{ [m]}. \quad (6.3.2.7)$$

6.3.2.8 Krawężnica pozioma powinna mieć szerokość nie mniejszą niż szerokość węzłówki obłowej zwiększona o wysokość kształtownika wręgu oraz dodatkowo o 50 mm.

Przy połączeniach wiązań dennych z burtowymi bez węzłówek obłowych szerokość krawężnicy poziomej powinna być nie mniejsza niż szerokość określona według wzoru 6.3.2.7.

6.3.2.9 Grubość krawężnicy powinna być zwiększona w stosunku do wymaganej w 6.3.2.1 grubości dna wewnętrznego w tym samym rejonie ładowni statku, przy czym:

- grubość krawężnicy poziomej należy zwiększyć o 1 mm,
- grubość krawężnicy nachylonej należy zwiększyć o 2 mm.

Grubość krawężnicy w przedziale maszynowym powinna być nie mniejsza niż grubość innych pasów poszycia dna wewnętrznego w tym obrębie.

6.3.2.10 Grubość ścian i dna studzienki ściekowej powinna być większa od grubości denników wodoszczelnych w tym obrębie o co najmniej 2 mm.

6.3.2.11 Grubość denników, wzdłużników i poszycia dna wewnętrznego, stanowiących ściany skrzyni zaworów dennych, należy zwiększyć o co najmniej 2 mm w stosunku do grubości minimalnych, wymaganych dla konstrukcji dna podwójnego (w tym poszycia dna zewnętrznego) lub grubości wymaganych zgodnie z 13.4.2, zależnie od tego, która z nich jest większa. Wytrzymałość ścian skrzyni zaworów dennych powinna być nie mniejsza niż wytrzymałość miejscowa wymagana dla poszycia zewnętrznego w danej części statku.

6.3.3 Usztywnienia dna podwójnego

6.3.3.1 Wymiary wzdłużnych i poprzecznych wręgów dna zewnętrznego i wewnętrznego należy określać zgodnie z 13.5.

6.3.3.2 Wymiary wręgów dna zewnętrznego w części dziobowej należy dodatkowo sprawdzić według 6.7.3, uwzględniając obciążenia udarowe.

6.3.3.3 Przy określaniu wymiarów wręgów dna podwójnego należy uwzględnić to, że pionowe łączniki, zamontowane pomiędzy wzdłużnymi lub poprzecznymi wręgami dna zewnętrznego i wewnętrznego, nie są w zasadzie uważane za efektywne podparcie tych wręgów. W przypadku stosowania łączników pionowych wskaźnik przekroju wręgów dna może być zmniejszony po odrębnym rozpatrzeniu przez PRS rodzaju i wymiarów łączników. Jeżeli usztywnienia dna zewnętrznego i wewnętrznego mają ten sam wskaźnik przekroju, dopuszcza się zastosowanie łącznika w połowie ich rozpiętości i zmniejszenie wskaźników przekroju usztywnień, ale o nie więcej niż 35%. Patrz również 13.7.4.

6.3.3.4 Pomiedzy ściankami wzdłużnika tunelowego, na poszyciu dna zewnętrznego i wewnętrznego, należy zastosować w płaszczyźnie każdego wręgu (i w odstępach nie większych niż 0,9 m) płyty wspornikowe lub poprzeczne usztywnienia z węzłówkami końcowymi. Wysokość węzłówki powinna być nie mniejsza niż wysokość usztywnienia. Wymiary płyt wspornikowych lub usztywnień należy określać w oparciu o analizę wytrzymałości strefowej dna podwójnego (patrz rozdz. 14). Można przy tym wykorzystać wskazania zawarte w *Publikacji 18/P – Analiza strefowej wytrzymałości kadłuba masowca*.

6.3.4 Wiązary dna podwójnego

6.3.4.1 Wymiary elementów wzdłużników dennych oraz denników pełnych dna podwójnego należy określać zgodnie z 13.6. Ich grubość w skrajniku dziobowym powinna przy tym być nie mniejsza niż grubość określona wg wzoru:

$$t = 12s + t_k \text{ [mm]} \quad (6.3.4.1)$$

s – odstęp usztywnień płyty wzdłużnika lub dennika [m],

t_k – naddatek korozyjny – patrz 2.5.

Wymiary średników wiązarów dna podwójnego w części dziobowej powinny dodatkowo spełniać wymagania podrozdziału 6.7.4.

6.3.4.2 Płyty i usztywnienia wiązarów dna podwójnego, stanowiących ograniczenia zbiorników dennych, powinny spełniać również wymagania w zakresie wymiarowania płyt poszycia i usztywnień grodzi zbiorników.

6.3.5 Usztywnienia wiązarów dna podwójnego

6.3.5.1 W rejonie o współrzędnych $x > 0,25L_0$ powinny być zastosowane usztywnienia na każdym denniku, a poza tym rejonem – na każdym denniku o wysokości większej niż 900 mm.

Przy wzdłużnym układzie wiązań usztywnienia powinny być zastosowane w płaszczyźnie każdego wręgu wzdłużnego, a przy poprzecznym układzie wiązań odstęp usztywnień powinien być nie większy niż 1,5 m (patrz także 13.5.3.6).

6.3.5.2 W dnie podwójnym, przy poprzecznym układzie wiązań, wzdłużniki powinny być usztywnione na każdym wręgu.

Przy wzdłużnym układzie wiązań denniki poprzeczne powinny być usztywnione na każdym wręgu wzdłużnym. Patrz także 6.2.7 oraz 13.5.3.6.

Wzdłużniki powinny spełniać wymagania dotyczące stateczności konstrukcji, zawarte w rozdziale 13.

6.3.6 Płyty wspornikowe w dnie podwójnym

6.3.6.1 Płyty wspornikowe zastosowane przy dennym wzdłużniku środkowym, dennym wzdłużniku tunelowym i wzdłużnikach bocznych oraz przy płycie krawędziowej, wchodzące w skład denników otwartych, powinny mieć grubość nie mniejszą niż grubość określona według 13.2.2.

6.3.6.2 Płyty wspornikowe niewchodzące w skład denników otwartych, a przewidziane zgodnie z wymaganiami podrozdziału 6.2.7, powinny mieć grubość nie mniejszą niż grubość denników pełnych w danym obrębie.

6.3.6.3 Mierzona na poziomie dna wewnętrznego szerokość płyt wspornikowych denników otwartych powinna być nie mniejsza niż 0,75 wysokości dna podwójnego przy wzdłużniku środkowym tunelowym i płycie krawędziowej oraz 0,35 wysokości dna przy wzdłużnikach bocznych. Jeżeli wręgi dennika otwartego nie są ciągłe przy przejściu przez wzdłużnik boczny, to płyty wspornikowe należy zastosować po obu stronach wzdłużnika.

6.3.6.4 Swobodną krawędź płyty wspornikowej należy usztywnić mocnikiem lub zastosować zagięcie o szerokości równej 10-krotnej grubości płyty, ale szerokość ta nie musi przekraczać 90 mm.

6.4 Konstrukcja dna pojedynczego

6.4.1 Wymagania ogólne

6.4.1.1 W przypadku zastosowania dna pojedynczego na części długości statku należy spełnić wymagania podrozdziału 6.2.9.

6.4.2 Układ wiązań

6.4.2.1 Zaleca się, aby dno pojedyncze kadłubów statków o długości $L_0 > 90$ m było usztywnione wzdłużnie.

6.4.2.2 Przy wzdłużnym układzie wiązań dna pojedynczego denne wręgi wzdłużne powinny spełniać wymagania dotyczące ciągłości, określone w 6.2.2.2.

6.4.3 Rozmieszczenie wzdłużników dna

6.4.3.1 W płaszczyźnie symetrii statku należy zastosować denny wzdłużnik środkowy. Powinien on być doprowadzony możliwie daleko w kierunku dziobu i rufy. W rejonie o współrzędnych $-0,3L_0 \leq x \leq 0,3L_0$ wzdłużnik środkowy powinien być ciągły.

6.4.3.2 Należy zastosować wzdłużniki boczne w odstępach nie większych niż 2,5 m. Zaleca się aby w rejonie $-0,3L_0 \leq x \leq 0,3L_0$ były one ciągłe przy przejściu przez grodzie poprzeczne.

6.4.3.3 Wzdłużniki w przedziale maszynowym powinny być rozmieszczone zgodnie z usytuowaniem fundamentów silników i głównych urządzeń.

6.4.4 Rozmieszczenie denników

6.4.4.1 W rejonie przedziału maszynowego denniki powinny być zastosowane na każdym wręgu.

6.4.4.2 W dnie o poprzecznym układzie wiązań denniki pełne powinny być zastosowane na każdym wręgu na całej długości statku.

6.4.4.3 W dnie o wzdłużnym układzie wiązań rozmieszczenie denników pełnych w rejonach poza przedziałem maszynowym i częściami skrajnymi powinno być ustalone w oparciu o wymagania wytrzymałości miejscowej oraz wytrzymałości strefowej.

6.5 Wymiarowanie wiązań dna pojedynczego

6.5.1 Wysokość dna pojedynczego

6.5.1.1 Wysokość dennego wzdłużnika środkowego i przyłączonych do niego denników pełnych powinna być nie mniejsza niż wysokość obliczona wg wzoru:

$$h = 0,055B_1 \text{ [m]} \quad (6.5.1.1)$$

B_1 – szerokość rozpatrywanego przedziału, mierzona w środku jego długości, w sposób następujący:

- w przypadku burt pojedynczych – jako odległość między burtami lub jako odległość między burtą a grodzią wzdłużną na poziomie górnej krawędzi dennika,
- w przypadku burt podwójnych – jako odległość między wewnętrznymi burtami lub jako odległość między burtą wewnętrzną a grodzią wzdłużną.

6.5.1.2 Wysokość denników w płaszczyźnie symetrii można zmniejszyć o 10%, pod warunkiem że wskaźnik przekroju dennika nie będzie mniejszy od wymaganego w 6.5.3.4. W odległości $3/8$ szerokości statku od płaszczyzny symetrii wysokość denników powinna wynosić co najmniej 50% wysokości wymaganej w płaszczyźnie symetrii. W szczególnych przypadkach PRS może wyrazić zgodę na odstępstwo od tego wymagania.

6.5.1.3 Na statkach z jedną śrubą napędową górne krawędzie denników w skrajniku rufowym powinny znajdować się ponad pochwą wału śrubowego.

6.5.2 Poszycie dna

6.5.2.1 Należy spełnić wymagania punktów 6.3.2.1 do 6.3.2.6, podane dla dna podwójnego.

6.5.3 Wiązary i wręgi dna

6.5.3.1 Wymiary wzdłużnych wręgów dna należy określać zgodnie z 13.5.

6.5.3.2 Wymiary wręgów dna w części dziobowej należy dodatkowo sprawdzić wg 6.7, uwzględniając obciążenia w warunkach slemingu.

6.5.3.3 Wymiary denników i wzdłużników przy wzdłużnym układzie dna należy ustalić w oparciu o analizę naprężeń zgodnie z wymaganiami rozdziału 14. Należy przy tym spełnić wymagania punktów 6.5.3.4 do 6.5.3.6.

6.5.3.4 Wskaźnik przekroju denników powinien być nie mniejszy niż wskaźnik określony wg wzoru:

$$W = KaT_1B_1^2 \quad W = KaT_1B_1^2 \quad [\text{cm}^3] \quad (6.5.3.4)$$

$K = 7,8 - 0,2B_1$;

a – odstęp denników [m];

T_1 – zanurzenie statku do letniej wodnicy ładunkowej lub $0,65H$ – należy przyjmować większą z tych wartości [m];

B_1 – patrz 6.5.1.1.

Grubość denników powinna być równa co najmniej 0,01 ich wysokości w płaszczyźnie symetrii plus 3,5 mm, ale nie musi być większa od grubości poszycia dna.

6.5.3.5 Grubość płyt dennego wzdłużnika środkowego w środkowej części statku powinna być nie mniejsza niż grubość określona wg wzoru:

$$t = 0,06L_0 + 6 \quad [\text{mm}] \quad (6.5.3.5)$$

Grubość płyt dennego wzdłużnika środkowego na długości $0,1L_0$ od pionów (dziobowego i rufowego) może być o 1 mm mniejsza od grubości wymaganej dla środkowej części statku.

6.5.3.6 Grubość płyt dennych wzdłużników bocznych w środkowej części statku powinna być nie mniejsza niż grubość określona wg wzoru:

$$t = 0,06L_0 + 5 \quad [\text{mm}] \quad (6.5.3.6)$$

Grubość płyt dennych wzdłużników bocznych na długości $0,1L_0$ od pionów (dziobowego i rufowego) może być o 1 mm mniejsza od grubości wymaganej dla środkowej części statku, lecz nie powinna być mniejsza niż 5 mm.

6.5.4 Usztywnienia denników i wzdłużników dna pojedynczego

6.5.4.1 Mocniki wiązarów powinny mieć następujące wymiary:

- szerokość nie mniejszą niż $1/20$ odległości pomiędzy węzłówkami przeciwskrętnymi lub 75 mm, w zależności od tego, która z tych wielkości jest większa;
- grubość nie mniejszą niż $1/30$ szerokości mocnika – w przypadku gdy mocnik jest symetryczny oraz nie mniejszą niż $1/15$ szerokości mocnika – w przypadku gdy mocnik jest niesymetryczny; w każdym przypadku grubość ta powinna być nie mniejsza niż grubość płyty wiązara.

6.5.4.2 Pole powierzchni przekroju mocników denników, o wysokości minimalnej obliczonej wg wzoru 6.5.1.1 powinno być nie mniejsze niż pole wynikające ze wzorów:

$$\text{– w rejonie przedziału maszynowego} \quad A = 5,0T \quad [\text{cm}^2] \quad (6.5.4.2-1)$$

$$\text{– poza przedziałem maszynowym} \quad A = 3,5T \quad [\text{cm}^2] \quad (6.5.4.2-2)$$

6.5.4.3 Mocniki denników mogą być zastąpione zagięciem pod warunkiem zwiększenia wskaźnika przekroju dennika o 5%. Szerokość zagięcia powinna odpowiadać wymaganiom podanym w 6.5.4.1. Denników z zagięciem nie należy stosować w rejonie przedziału maszynowego w skrajniku rufowym, a na statkach o długości $L_0 > 30$ m również w rejonie $0,25L_0$ od pionu dziobowego.

6.5.4.4 Wymiary usztywnień średników denników i wzdłużników oraz ich rozmieszczenie powinny spełniać wymagania podrozdziału 3.6.

6.5.5 Stępka belkowa

Wymiary stępki belkowej powinny być nie mniejsze niż wymiary wynikające ze wzorów:

$$\text{wysokość: } h = 100 + 5L_0 \quad [\text{mm}] \quad (6.5.5-1)$$

$$\text{grubość: } t = 10 + 0,6L_0 \quad [\text{mm}] \quad (6.5.5-2)$$

6.6 Wymagania wspólne dla statków z dnem pojedynczym i z dnem podwójnym

6.6.1 Rozmieszczenie wiązarów w skrajnikach

Wzdłużne lub poprzeczne wręgi denne w skrajnikach powinny być podparte odpowiednio przez denniki pełne lub wzdłużniki denne w odstępach nieprzekraczających 1,8 m. Wiązary te z kolei należy podeprzeć za pomocą krzyżujących się z nimi ciężkich wiązarów, przegród lub grodzi – rozmieszczonych w odstępach nie większych niż $0,125B$ lub 5 m, zależnie od tego, która z tych wartości jest mniejsza.

6.6.2 Złożone układy wiązarów dna

Jeżeli wiązary dna są połączone z wiązarami innych konstrukcji (np. wiązarami burt, grodzi) i w ten sposób tworzą złożone układy wiązarów, to może być wymagane sprawdzenie przyjętych wymiarów wiązarów w oparciu o analizę naprężeń zgodnie z wymaganiami rozdziału 14.

6.6.3 Stępki przechyłowe

Stępkę przechyłową należy łączyć z poszyciem, stosując element pośredni (płaskownik) na całej jej długości.

Połączenie stępki przechyłowej z elementem pośrednim powinno być słabsze od połączenia tego elementu z poszyciem.

Stępka przechyłowa powinna być łagodnie ścięta lub zaokrąglona na końcach i powinna kończyć się na wewnętrznych usztywnieniach kadłuba.

6.7 Wzmocnienia w części dziobowej

6.7.1 Wymagania ogólne

Dziobową część dna należy wzmocnić ze względu na działanie obciążeń udarowych zgodnie z wymaganiami podanymi poniżej.

6.7.2 Grubość poszycia dna

6.7.2.1 Na statkach o długości $L_0 \geq 100$ m grubość poszycia dna poniżej wodnicy przechodzącej w odległości $d = 0,05T_{bd}$ nad stępką powinna być nie mniejsza niż grubość obliczona wg wzoru:

$$t = 0,9k_u k_r s \sqrt{\frac{p_u}{k}} + t_k \quad [\text{mm}] \quad (6.7.2.1-1)$$

$k_u = \left(1,1 - 0,25 \frac{s}{l}\right)^2$; należy przyjmować $1,0 \geq k_u \geq 0,72$;

$k_r = \left(1 - 0,5 \frac{s}{r}\right)$ poprawka uwzględniająca krzywiznę płyt poszycia;

r – promień krzywizny płyty poszycia [m];

p_u – ciśnienie udarowe określone według 6.7.5 [kPa];

T_{bd} –

jak w 6.7.5 [m];

s – odstęp usztywnień mierzony wzdłuż poszycia [m];

l – rozpiętość usztywnienia lub wiarzara [m];

t_k – naddatek korozyjny – patrz 2.5 [mm].

Na statkach o długości $L_0 < 100$ m grubość poszycia dna powinna być nie mniejsza niż:

$$t = 0,9s\sqrt{p_u} + t_k \text{ [mm]}. \quad (6.7.2.1-2)$$

6.7.2.2 Powyżej wodnicy określonej w 6.7.2.1 grubość poszycia powinna zmieniać się stopniowo od grubości określonej w 6.7.2.1 do grubości poszycia burtowego w rozpatrywanym poprzecznym przekroju kadłuba.

6.7.3 Wymiarowanie usztywnień

6.7.3.1 Wskaźnik przekroju dennych wręgów wzdłużnych lub poprzecznych podpierających poszycie w rejonie omówionym w 6.7.2.1 i 6.7.2.2, po odliczeniu naddatków korozyjnych, powinien być nie mniejszy niż wskaźnik określony wg wzoru:

$$W = \frac{0,2l^2sp_u}{k} \text{ [cm}^3\text{]} \quad (6.7.3.1)$$

p_u – ciśnienie udarowe określone według 6.7.5 [kPa].

Pozostałe oznaczenia według 6.7.2.1.

6.7.3.2 Pole powierzchni poprzecznego przekroju środka wręgu powinno być nie mniejsze niż pole obliczone wg wzoru:

$$A_s = \frac{0,03}{k}(l-s)sp_u + 10ht_k \text{ [cm}^2\text{]} \quad (6.7.3.2)$$

p_u – ciśnienie udarowe określone według 6.7.5 [kPa];

h – wysokość poprzecznego przekroju usztywnienia [m].

Pozostałe oznaczenia według 6.7.2.1.

6.7.4 Środniki wiązarów

6.7.4.1 Pole powierzchni przekroju połączenia ciągłych usztywnień z wiązarami powinno spełniać zależność:

$$2A_s \leq 1,7A_{pm} + A_{ps} \quad 2A_s \leq 1,7A_{pm} + A_{ps} \quad (6.7.4.1)$$

A_{pm} – pole powierzchni połączenia mocnika [cm²];

A_{ps} – pole powierzchni połączenia środka [cm²];

A_s – patrz 6.7.3.2.

6.7.4.2 W dnie podwójnym, poniżej wodnicy oddalonej o $0,05T_{bd}$ od płaszczyzny podstawowej, odstęp usztywnień na środkach wiązarów lub grodziach w rejonie przy poszyciu dna zewnętrznego powinien być nie większy niż odstęp obliczony wg wzoru:

$$s_u = 0,09t \text{ [m]} \quad (6.7.4.2)$$

t – grubość płyty środka lub poszycia grodzi, [mm]

6.7.4.3 Suma pól powierzchni przekrojów ścinanych na końcach wężara lub układu wężarów podpierających określoną powierzchnię dna powinna być nie mniejsza niż suma pól obliczona wg wzoru:

$$\sum A_i = \frac{c_3}{k} l_w b_w p_u \text{ [cm}^2\text{]} \quad (6.7.4.3-1)$$

p_u – ciśnienie udarowe, obliczone według 6.7.5, w środku rozważanego układu wężarów [kPa];

l_w, b_w – długość i szerokość obciążonej powierzchni podpartej przez wężar lub układ wężarów [m];

$$c_3 = 0,05 \left(1 - \frac{10l_w b_w}{L_0 B}\right) \text{ lecz nie mniej niż } 0,025. \quad (6.7.4.3-2)$$

6.7.5 Ciśnienie udarowe

Obliczeniowe ciśnienie udarowe działające na poszycie dna w dziobowej części statku należy obliczać według wzorów:

- dla statków o długości $L_0 < 100$ m:

$$p_u = 300\sqrt{L_0} \left(1 - 20 \frac{T_{bd}}{L_0}\right) \text{ [kPa]}, \text{ (nie mniej jednak niż } p_u = 0 \text{ kPa)} \quad (6.7.5-1)$$

- dla statków o długości $L_0 \geq 100$ m:

$$p_u = \frac{C_1 C_2}{T_{bd}} B_{bd} \left(0,56 - \frac{L_0}{1250} - \frac{u}{L_0}\right) \text{ [kPa]} \quad (6.7.5-2)$$

$$C_1 = \sqrt[3]{L_0} \text{ dla } L_0 < 150 \text{ m}; \quad (6.7.5-3)$$

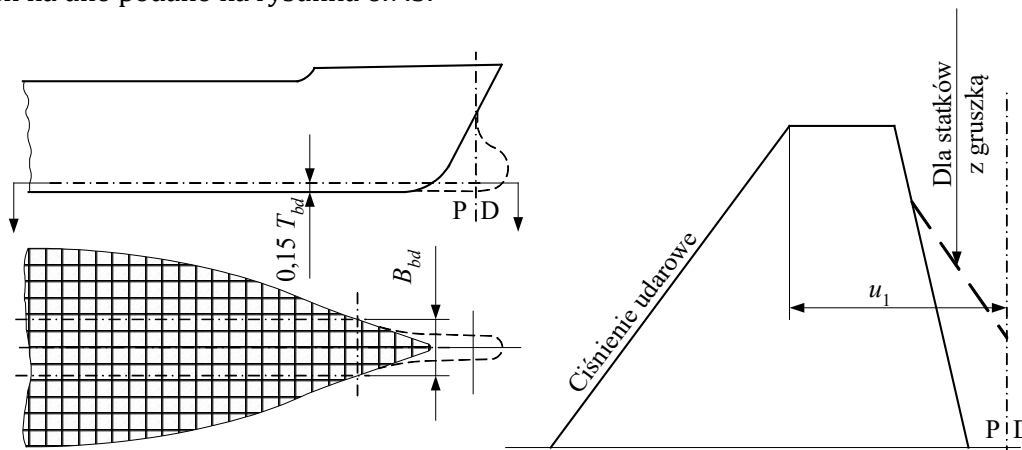
$$C_1 = \sqrt[3]{225 - 0,5L_0} \text{ dla } L_0 \geq 150 \text{ m}; \quad (6.7.5-4)$$

$$C_2 = 1675 \left(1 - \frac{20T_{bd}}{L_0}\right) \quad (6.7.5-5)$$

- T_{bd} – mierzone na PD zanurzenie statku stosowane w ciężkich warunkach pogodowych [m];
- B_{bd} – szerokość dna na wodnicy $z = 0,15T_{bd}$ w rozpatrywanym przekroju [m]; przyjęta do obliczeń wartość B_{bd} nie powinna przekraczać mniejszej z dwu wartości: $1,35T_{bd}$ i $0,55\sqrt{L_0}$;
- u – odległość od PD do rozważanego poprzecznego przekroju kadłuba [m]; przyjęta wartość u nie musi być mniejsza niż wartość u_1 , obliczona wg wzoru:

$$u_1 = \left(1,2 - \sqrt[3]{\delta} - \frac{L_0}{2500}\right) L_0 \text{ [m]} \quad (6.7.5-6)$$

Na statkach o długości $L_0 < 100$ m ciśnienie p_u , obliczone według wzoru 6.7.5-1, odnosi się do dna w rejonie $x > 0,3L_0$. Ku rufie, od przekroju $x = 0,3L_0$, ciśnienie to może być zmniejszane liniowo do zera w przekroju $x = 0,1L_0$. Dla statków o długości $L_0 \geq 100$ m rozkład ciśnień udarowych p_u , działających na dno podano na rysunku 6.7.5.



Rys. 6.7.5. Rozkład ciśnień udarowych działających na dno

Jeżeli dla osiągnięcia zanurzenia T_{bd} przewidziane jest całkowite wypełnienie dziobowych zbiorników balastowych, a obciążenie od balastu działa na poszycie zewnętrzne, to obciążenie udarowe można zmniejszyć o wartość $14h$ [kPa] (h – wysokość zbiornika balastowego [m]).

7 BURTY

7.1 Zasady ogólne

7.1.1 Zastosowanie

Wymagania niniejszego rozdziału dotyczą konstrukcji burt zgodnie z definicją podaną w 1.2.5.

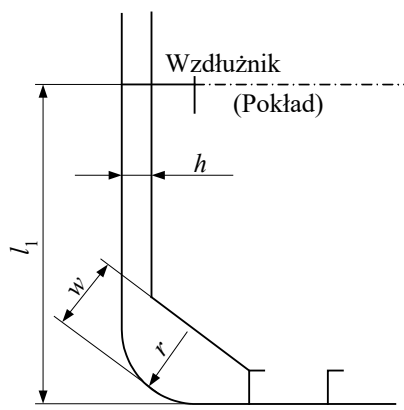
7.1.2 Rozpiętość wręgów głównych

Rozpiętość dolnej części wręgu w rejonie wzdłużnie usztywnionego dna pojedynczego (patrz rys. 7.1.2) należy określać wg wzoru:

$$l = l_1 - 0,3r - 1,5(w - h) \quad [\text{m}] \quad (7.1.2)$$

- l_1 – pionowa odległość pomiędzy dnem a najniższym pokładem lub wzdłużnikiem burtowym stanowiącym podparcie wręgów [m];
- r – promień obła [m];
- w – największa wysokość węzłówki obłowej, mierzona prostopadłe do mocnika [m];
- h – wysokość wręgu [m].

We wszystkich innych przypadkach rozpiętość wręgów należy określać według 3.2.1.

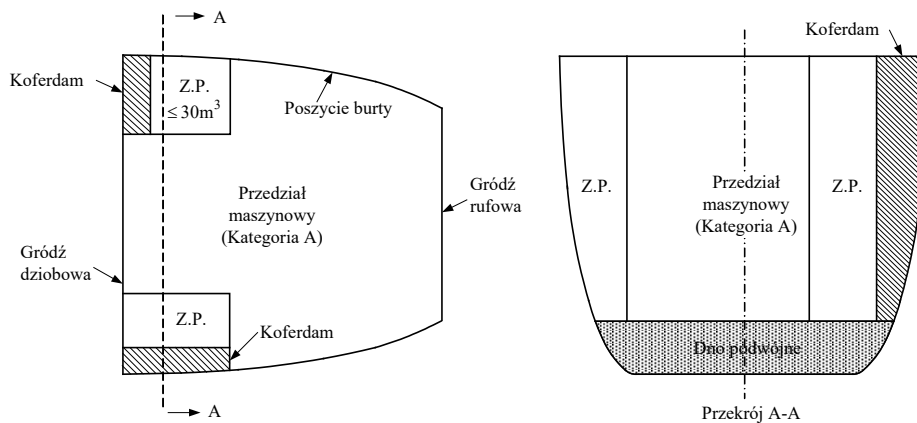


Rys. 7.1.2. Rozpiętość wręgu w rejonie dna pojedynczego

7.1.3 Rozmieszczenie zbiorników paliwowych

Jeżeli łączna pojemność zbiorników paliwowych na statku wynosi 600 m³ lub więcej, to zbiorniki paliwowe w podwójnej burcie lub w pobliżu burty powinny być rozplanowane w taki sposób, aby spełnione były wymagania prawidła 12A z Załącznika I do *Konwencji MARPOL 73/78*.

Tam gdzie jest to konieczne, żeby zbiorniki paliwa przylegały do przedziałów maszynowych kategorii A bądź znajdowały się wewnątrz nich, co najmniej jedna z ich pionowych ścian powinna przylegać do ściany tworzącej granicę przedziału maszynowego, a powierzchnia ścian oddzielających je od przedziału maszynowego powinna być jak najmniejsza – patrz układ zbiorników pokazany na rysunku 7.1.3 (dodatkowo muszą być spełnione wymagania prawidła 12A z Załącznika I do *Konwencji MARPOL 73/78*).



Rys. 7.1.3. Zbiorniki paliwa przylegające do przedziału maszynowego

7.2 Konstrukcja

7.2.1 Układ wiązań

Na statkach o długości $L_0 > 150$ m zaleca się stosowanie wzdłużnych usztywnień poszycia burt przy dnie i pokładzie wytrzymałościowym.

W rejonach o współrzędnych: $-0,25L_0 \leq x \leq 0,25L_0$; $0 < z \leq 0,15H$ oraz $-0,25L_0 \leq x \leq 0,25L_0$; $0,85H < z \leq H$ należy zachować ciągłość wzdłużnych wręgów burtowych w taki sam sposób, jak dla usztywnień wzdłużnych dna i pokładu (patrz 6.2.2.2 i 8.2.2).

7.2.2 Wiązary burt

7.2.2.1 W obrębie skrajnika rufowego, przedziału maszynowego i kotłowni wiązania burt należy wzmocnić wręgami ramowymi w odstępach nie większych niż 5 odstępów wręgowych.

7.2.2.2 Dla zapewnienia odpowiedniej sztywności poprzecznej kadłuba należy stosować między pokładami gródzie poprzeczne lub wręgi ramowe połączone z pokładnikami ramowymi znajdującymi się w tej samej płaszczyźnie.

7.2.2.3 W obrębie skrajnika dziobowego, poniżej pokładu znajdującego się nad letnią wodnicą ładunkową, należy zastosować platformy lub wzdłużniki burtowe wraz z rzędami usztywnień (pokładników) rozpierających konstrukcję burt. Odstęp pomiędzy wzdłużnikami lub platformami (mierzony pionowo) powinien być nie większy niż 2 m.

7.2.3 Otwory w burtach

7.2.3.1 Należy unikać stosowania jakichkolwiek otworów w mocnicy burtowej i w obrębie poszycia poddanego dużym naprężeniom stycznym. Jeżeli jest to konieczne, w wymienionych rejonach można wykonywać okrągłe otwory na iluminatory lub do innych celów. Krawędzie tych otworów należy wzmocnić zgodnie z 3.5.2.

7.2.3.2 Otwory w burtach powinny być umieszczone w odległości większej od podwójnej ich szerokości, poniżej pokładu wytrzymałościowego lub zakończenia zaokrąglenia mocnicy burtowej oraz powinny spełniać wymagania podrozdziału 3.5.

7.2.3.3 Należy spełnić wymagania dotyczące otworów w burtach zawarte w rozdziale 7 z Części III Przepisów (SOLAS II-1, Część B-2, prawidło 13).

7.2.4 Zbiorniki balastowe w burcie podwójnej

W odniesieniu do zbiorników balastowych w burcie podwójnej należy uwzględnić zalecenia zawarte w wydanym przez IMO cyrkularzu MSC/Circ.1021, w analogicznym zakresie jak określony w wymaganiach dotyczących dna podwójnego podanych w 6.2.1.2 i 6.2.8.1.

W odniesieniu do zbiorników balastowych w burcie podwójnej należy uwzględnić zalecenia zawarte w wydanym przez IMO cyrkularzu MSC/Circ.1021, w analogicznym zakresie jak określony w wymaganiach dotyczących dna podwójnego podanych w 6.2.1.2 i 6.2.8.1.

7.3 Wymiarowanie wiązań

7.3.1 Poszycie

7.3.1.1 Grubość płyt poszycia burt należy określać zgodnie z 13.2 i 13.4.

7.3.1.2 Na statkach o długości $L_0 \geq 100$ m, w rejonie określonym niżej, grubość poszycia burt powinna być ponadto nie mniejsza niż:

$$t = 4s \sqrt[4]{\frac{D}{k^2 L_0}} + t_k \quad [\text{mm}] \quad (7.3.1.2)$$

s – odstęp wręgów podpierających poszycie [m];

D – wyporność statku przy zanurzeniu równym T [t].

Powyższe wymaganie dotyczy rejonu statku, który po długości rozciąga się między przekrojami poprzecznymi przeprowadzonymi w miejscach, w których letnia wodnica ładunkowa osiąga szerokość równą: na rufie $0,9B$, na dziobie $0,6B$.

Po wysokości rejon rozciąga się od najniższej wodnicy balastowej do poziomu $z = T + z_0$ [m] ($z_0 = 0,25T$, lecz nie mniej niż 2,3 m).

7.3.1.3 Grubość poszycia burt w części dziobowej statku należy dodatkowo sprawdzić na działanie obciążeń udarowych według wymagań podrozdziału 7.4.2, jeżeli wymagania te mają zastosowanie.

7.3.2 Mocnica burtowa przy pokładzie wytrzymałościowym

7.3.2.1 Szerokość mocnicy burtowej powinna być nie mniejsza niż szerokość określona wg wzoru:

$$b = 800 + 5L_0 \quad [\text{mm}] \quad (7.3.2.1)$$

lecz nie musi przekraczać 1800 mm.

7.3.2.2 Grubość mocnicy burtowej w rejonie o współrzędnych $-0,25L_0 \leq x \leq 0,25L_0$ powinna być nie mniejsza niż grubość obliczona wg wzoru:

$$t = \frac{t_1 + t_2}{2} \quad [\text{mm}] \quad (7.3.2.2)$$

t_1 – wymagana grubość poszycia burty [mm];

t_2 – wymagana grubość poszycia pokładu wytrzymałościowego, przy czym we wzorze należy przyjmować $t_2 \geq t_1$ [mm].

7.3.2.3 W obrębie $x \leq -0,4L_0$ i $x \geq 0,4L_0$ mocnica burtowa może mieć grubość równą grubości poszycia burt w tym rejonie. Między częścią środkową statku ($-0,25L_0 \leq x \leq 0,25L_0$) a częściami skrajnymi ($x \leq -0,4L_0$ i $x \geq 0,4L_0$) grubość mocnicy burtowej zmienia się liniowo.

7.3.2.4 Jeżeli zastosowano zaokrąglone przejście burty w pokład wytrzymałościowy, to promień zaokrąglenia płyt giętych na zimno powinien być nie mniejszy niż $15t$ (t – grubość płyty [mm]).

7.3.2.5 Jeżeli końcowa ściana nadbudówki znajduje się w rejonie o współrzędnych $-0,25L_0 \leq x \leq 0,25L_0$ i pokład nadbudówki stanowi część pokładu wytrzymałościowego, to po obu stronach tej ściany, na odcinkach o długości nie mniejszej niż wysokość najniższej kondygnacji nadbudówki, należy zwiększyć grubość mocnicy burtowej o 30%.

7.3.3 Usztywnienia

7.3.3.1 Wymiary poprzecznych wręgów burtowych w ładowniach, zbiornikach ładunkowych i głębokich, międzypokładach, przedziale maszynowym i skrajnikach należy określać zgodnie z zasadami podanymi w podrozdziale 13.5.

Do wręgów w międzypokładach należy zaliczać wszystkie wręgi znajdujące się w rejonie ograniczonym po długości statku grodzią skrajnika rufowego i grodzią zderzeniową, a po wysokości – najniższym pokładem lub wzdłużnikiem burtowym stanowiącym podparcie dla wręgów i najwyższym pokładem nadbudówki.

7.3.3.2 Przy określaniu według zasad podanych w 13.5 wskaźnika przekroju wręgów głównych mających węzłówki na obu końcach można przyjąć następujące wartości naprężeń dopuszczalnych:

$\sigma = 185k$ w przypadku stosowania ciśnień p wywołanych oddziaływaniem morza,

$\sigma = 165k$ w przypadku stosowania ciśnień p pochodzących od oddziaływania ładunku, zapasów i balastu.

Naprężenia te mają zastosowanie, jeżeli węzłówki końcowe mają pionowe ramiona o długości:

0,12 l – w przypadku węzłówki dolnej,

0,07 l – w przypadku węzłówki górnej (l – rozpiętość wręgu głównego [m]).

Długość pionowego ramienia węzłówki dolnej należy odmierzać od linii górnej krawędzi dennika.

Jeżeli długość l_w swobodnej krawędzi węzłówki przekracza $40t$ (t – grubość węzłówki), to wzdłuż tej krawędzi należy zastosować zagięcie lub mocnik o szerokości nie mniejszej niż $0,067l_w$.

7.3.3.3 Wskaźnik przekroju wręgu głównego, obliczony w przekrojach końcowych wręgu z uwzględnieniem przekroju odpowiednich węzłówek końcowych, powinien być nie mniejszy od wymaganego według 13.5, przyjmując pełną rozpiętość wręgu (bez uwzględnienia końcowych węzłówek), a wartości współczynnika momentu gnącego m , równe:

8 – dla dolnego przekroju wręgu,

10 – dla górnego przekroju wręgu.

7.3.3.4 Można nie stosować końcowych węzłówek wręgu głównego, jeżeli wręg przechodzi przez konstrukcje podpierające go, a wskaźnik przekroju tego wręgu, obliczony według 13.5 przy zastosowaniu pełnej rozpiętości wręgu l zostanie zwiększony o 50%.

7.3.3.5 Przyjęty wskaźnik przekroju wręgu głównego powinien być nie mniejszy niż wskaźnik przekroju znajdującego się nad nim wręgu w międzypokładzie.

7.3.3.6 Wręgi burtowe podpierające końcowe pokładniki luku powinny być wzmocnione ze względu na dodatkowe zginanie momentem podporowym pokładnika wspornikowego.

7.3.3.7 Wskaźnik przekroju zastosowanych poprzecznych wręgów burtowych w międzypokładach i skrajnikach powinien być nie mniejszy niż wskaźnik obliczony wg wzoru:

$$W = k_1 \sqrt{\frac{L_0}{k}} \quad [\text{cm}^3] \quad (7.3.3.7)$$

$k_1 = 4,0$ dla wręgów w międzypokładach,
 $k_1 = 6,5$ dla wręgów w skrajnikach.

7.3.3.8 Owreżenie burt w dziobowym rejonie statku należy dodatkowo sprawdzić ze względu na działanie obciążeń udarowych według wymagań podrozdziału 7.4.3, jeżeli te wymagania mają zastosowanie.

7.3.3.9 Wymiary usztywnień rozpierających wręgi w skrajniku dziobowym powinny odpowiadać wymaganiom podrozdziału 13.7.4.

7.3.4 Węzłówki przeciwskrętne

Jeżeli rozpiętość wręgu jest większa niż 5 m lub szerokość mocnika jest mniejsza niż $1/20$ rozpiętości, należy zastosować węzłówkę przeciwskrętną w środku rozpiętości wręgu, przy czym w rejonie o współrzędnych $x > 0,35L_0$, z wyłączeniem skrajnika dziobowego, należy zastosować węzłówki przeciwskrętne dochodzące do sąsiedniego wręgu. Pionowy odstęp między węzłówkami przeciwskrętnymi powinien być nie większy niż 2,5 m. Grubość węzłówki powinna być równa mniejszej z dwóch wartości: grubość środka wręgu lub 10 mm.

7.3.5 Wiązary zwykłe

7.3.5.1 Wymiary elementów wręgów ramowych i wzdłużników burtowych stanowiących podparcie wręgów należy określać zgodnie z zasadami określonymi w podrozdziale 13.5.

7.3.5.2 Łączniki poziome można uznać jako skuteczne podparcie wręgów ramowych, jeżeli:

- łącznik sięga od burty do burty lub
- łącznik jest podparty przez konstrukcje, które można uznać za dostatecznie sztywne, lub
- warunki obciążenia można uznać za symetryczne względem łącznika.

7.3.5.3 Przy określaniu obliczeniowej rozpiętości burtowego wręgu ramowego można uwzględnić łączniki uznane jako skuteczne podparcia wręgu, jeżeli ich rozmieszczenie spełnia następujące warunki:

- wręgi ramowe z jednym łącznikiem:
 łącznik znajduje się w odległości $(0,36 \div 0,5)l_w$ od dolnego końca wręgu ramowego;
- wręgi ramowe z dwoma łącznikami:
 dolny łącznik znajduje się w odległości $(0,21 \div 0,3)l_w$, a górny w odległości $(0,53 \div 0,58)l_w$ od dolnego końca wręgu ramowego (l_w – rozpiętość wręgu ramowego mierzona od dennika do pokładnika, [m]).

Wręgi ramowe mające więcej niż dwa łączniki lub łączniki nierozmieszczone w podanych powyżej odstępach podlegają odrębnemu rozpatrzeniu przez PRS. Zaleca się, aby łączniki na wzdłużnikach burtowych były rozmieszczone w równych odstępach.

7.3.5.4 Wręgi ramowe w przedziale maszynowym i w skrajnikach powinny mieć średnik o wysokości nie mniejszej niż wysokość obliczona wg wzoru:

$$h = 2 L_0 l \quad [\text{mm}] \quad (7.3.5.4)$$

Wysokość h nie musi jednak być większa niż:

$$h = 200l \quad [\text{mm}]$$

l – rozpiętość wiazara [m].

Szerokość mocników wiązarów w przedziale maszynowym powinna być nie mniejsza niż 35 [mm].

Grubość mocników wiązarów powinna być nie mniejsza niż 1/30 szerokości mocnika dla mocników symetrycznych i nie mniejsza niż 1/15 szerokości mocnika dla mocników niesymetrycznych.

7.3.5.5 Przy zastosowaniu poprzecznego układu wiązań burt w rejonie od grodzi zderzeniowej ku dziobowi – po długości statku i od dna do pokładu znajdującego się nad letnią wodnicą ładunkową – należy zastosować wzdłużniki burtowe w odstępach nieprzekraczających 2 m.

Wzdłużniki powinny być podparte przez rzędy pokładników rozporowych, które mogą być rozmieszczone na co drugim wręgu. Pośrednie wręgi należy łączyć ze wzdłużnikami za pomocą węzłów mających poziome ramiona o długości równej co najmniej połowie szerokości wzdłużnika.

Zamiast rzędów pokładników można zastosować wręgi ramowe w odstępach nieprzekraczających 3 m. Jeśli zastosowano wzdłużny układ wręgów burtowych, to odstęp wręgów ramowych powinien być nie większy niż 2,4 m.

Moment bezwładności I_α przekroju pokładników rozporowych należy określać według zasad podanych w 13.7.3. W sposób przybliżony wymaganą wartość momentu bezwładności przekroju pokładników (z uwzględnieniem pasa współpracującego, jeśli on istnieje) można określić z zależności:

$$I_\alpha = 6k_1 T l^2 \text{ [cm}^4\text{]} \quad (7.3.5.5)$$

$k_1 = \frac{A}{2,4}$, lecz nie mniej niż 1,0;

A – powierzchnia burty podparta przez pokładnik rozporowy [m²];

l – rozpiętość pokładnika rozporowego [m].

7.3.6 Złożone układy wiązarów

Jeżeli wiązary wchodzi w skład złożonego układu wiązarów, może być wymagane wyznaczenie ich wymiarów w oparciu o analizę naprężeń zgodnie z wymaganiami rozdziału 14.

Przypadki, w których wymagane jest przeprowadzenie analizy naprężeń, podano dla poszczególnych typów statków w rozdziałach 18–25.

7.4 Wzmocnienia części dziobowej

7.4.1 Zastosowanie

Wymagania niniejszego podrozdziału mają zastosowanie do wszystkich statków i obejmują wzmocnienia kadłuba ze względu na działanie falowych obciążeń udarowych w rejonie: $z \geq T$, a na długości statku do przekroju znajdującego się $0,1L_0$ od PD w kierunku rufy. Zwykle tylko statki o długości $L_0 \geq 100$ m oraz o znacznej prędkości i rozchyleniu burt na dziobie będą wymagały wzmocnień.

7.4.2 Poszycie burt

7.4.2.1 Grubość poszycia burt w rozpatrywanym rejonie powinna być nie mniejsza od określonej według wzoru 6.7.2.1-1, przyjmując wartość ciśnienia udarowego p_u określoną według 7.4.5.

7.4.2.2 Poza rejonem dziobowym grubość poszycia burt powinna zmniejszać się stopniowo do wartości wymaganej poza tym rejonem.

7.4.3 Wymiarowanie usztywnień

7.4.3.1 Wskaźnik przekroju i pole poprzecznego przekroju środnika wzdłużnych i poprzecznych wręgów burtowych powinny spełniać wymagania podane w 6.7.3, przyjmując wartość ciśnienia p_u obliczoną według 7.4.5.

7.4.3.2 Poza rejonem dziobowym wymiary wręgów mogą być stopniowo zmniejszane do wartości wymaganej poza tym rejonem.

7.4.3.3 Jeżeli średniki wręgów nie są prostopadłe do poszycia burt, to należy zastosować węzłówki przeciwskrętne (patrz 7.3.4).

7.4.4 Inne wymagania

7.4.4.1 Grubość średników wręgów ramowych, poziomych węzłówek przydziobnicowych, wzdłużników burtowych, pokładów i grodzi w rejonie dziobowym statku powinna być nie mniejsza niż grubość obliczona wg wzoru:

$$t = \frac{6,5+0,15\sqrt{p_u}}{\sqrt{k}} + t_k \quad [\text{mm}] \quad (7.4.4.1)$$

p_u – ciśnienie określone według 7.4.5.

Pozostałe oznaczenia – patrz 7.4.4.4.

7.4.4.2 Odstęp usztywnień średników wiązarów lub pokładów w pobliżu poszycia burtowego powinien być nie większy niż odstęp obliczony wg wzoru:

$$s_n = 0,09t \quad [\text{m}] \quad (7.4.4.2)$$

t – grubość poszycia pokładu lub średnika rozpatrywanego wiązara [mm].

7.4.4.3 Wskaźnik przekroju netto wiązarów (tzn. po odjęciu naddatków korozyjnych) w rejonie dziobowym powinien być nie mniejszy niż wskaźnik obliczony wg wzoru:

$$W = \frac{0,15l^2bp_u}{k} \quad [\text{cm}^3] \quad (7.4.4.3)$$

Oznaczenia – patrz 7.4.4.4.

7.4.4.4 Pole poprzecznego przekroju średnika na końcach wiązara powinno być nie mniejsze niż pole obliczone wg wzoru:

$$A_s = \frac{0,02lbp_u}{k} + 10h_w t_k \quad [\text{cm}^2] \quad (7.4.4.4)$$

p_u – ciśnienie określone według 7.4.5;

h_w – wysokość średnika wiązara [m];

l – rozpiętość wiązara [m];

b – szerokość pasa poszycia podpartego przez wiązara [m];

b – szerokość pasa poszycia podpartego przez wiązara [m];

t_k – naddatek korozyjny (patrz 2.5) [mm];

k – współczynnik materiałowy.

7.4.5 Ciśnienie uderowe

Obliczeniowe ciśnienie uderowe działające na poszycie burt w dziobowym rejonie należy określać wg wzoru:

$$p_u = c(2,2 + 1,5 \operatorname{tg} \alpha)(0,4v \sin \beta + 0,6\sqrt{L_0})^2 \quad [\text{kPa}] \quad (7.4.5-1)$$

$$c = 0,18(C_w - 0,5h_0), \text{ lecz nie więcej niż } 1,0; \quad (7.4.5-2)$$

C_w – współczynnik falowy – patrz rozdział 17;

h_0 – pionowa odległość rozpatrywanego punktu od letniej wodnicy ładunkowej [m];

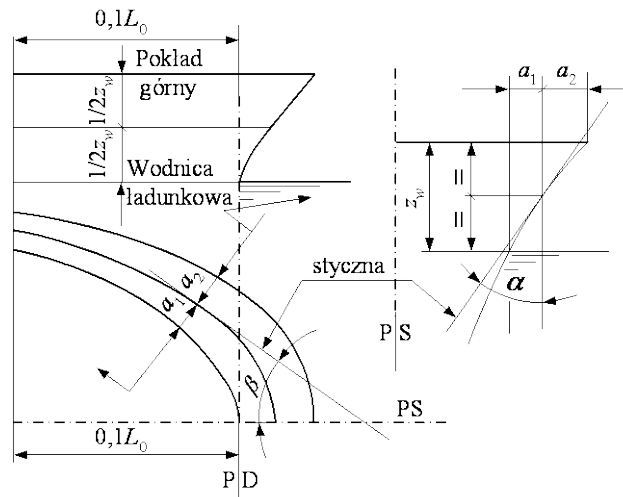
L_0 – długość obliczeniowa statku, lecz nie więcej niż 250 m;

- α – kąt rozchylenia burt mierzony w płaszczyźnie prostopadłej do linii wodnicy w rozpatrywanym punkcie – patrz rys. 7.4.5;
 β – kąt mierzony w płaszczyźnie wodnicy, na której znajduje się rozpatrywany punkt, pomiędzy płaszczyzną symetrii a styczną do poszycia w tym punkcie – patrz rys. 7.4.5.

Kąt α można obliczyć wg wzoru:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{a_1 + a_2}{z_w} \quad (7.4.5-3)$$

a_1, a_2, z_w – patrz rys. 7.4.5.



Rys. 7.4.5. Kąt rozchylenia poszycia burt

Uwaga: Jeżeli wartości a_1 i a_2 różnią się znacznie między sobą, to ciśnienie p_u należy określać na kilku wodnicach.

8 POKŁADY

8.1 Zasady ogólne

8.1.1 Zastosowanie

8.1.1.1 Wymagania niniejszego rozdziału dotyczą konstrukcji pokładów i platform zgodnie z definicją podaną w 1.2.4.

8.1.1.2 Dodatkowe wymagania odnoszące się do pokładów przeznaczonych dla ładunków tocznych podane są w rozdziale 19.

8.1.1.3 Na statkach podlegających konwencji SOLAS, należy spełnić mające zastosowanie wymagania dotyczące pokładów zawarte w SOLAS II-1, Część B.

8.2 Konstrukcja

8.2.1 Układ wiązań

Na statkach do przewozu ładunków suchych o długości $L_0 > 150$ m pokład wytrzymałościowy poza linią otworów lukowych powinien mieć wzdłużny układ wiązań. Pomiędzy lukami zaleca się zastosowanie poprzecznego układu wiązań.

8.2.2 Ciągłość wiązań wzdłużnych

Jeżeli pokład wytrzymałościowy jest usztywniony wzdłużnie, to:

- na statkach o długości $L_0 \leq 50$ m pokładniki wzdłużne na całej długości mogą być przerywane na wiązaniach poprzecznych i spawane do nich;
- na statkach o długości $50 \text{ m} < L_0 \leq 150$ m pokładniki wzdłużne mogą być przerywane na wiązaniach poprzecznych; należy wtedy zastosować ciągłe węzłówki przechodzące przez wiązania poprzeczne i łączące pokładniki wzdłużne lub w inny sposób zapewnić ciągłość konstrukcyjną;
- na statkach o długości $L_0 > 150$ m pokładniki wzdłużne powinny przechodzić w sposób nieprzerywany przez wszystkie poprzeczne wiązania w rejonie o współrzędnych $-0,25L_0 \leq x \leq 0,25L_0$;
- niezależnie od długości statku pokładniki wzdłużne poza rejonem o współrzędnych $-0,25L_0 \leq x \leq 0,25L_0$ mogą być przerywane na wiązaniach poprzecznych i spawane do nich lub połączone z nimi za pomocą węzłówek.

8.2.3 Pokład pomiędzy lukami

8.2.3.1 Przy zastosowaniu pokładników wzdłużnych pomiędzy lukami należy w tym rejonie zwiększyć grubość płyt poszycia, aby zapewnić stateczność przy obciążeniach poprzecznych lub zastosować wstawkowe usztywnienia poprzeczne.

8.2.3.2 Pokładniki poprzeczne powinny być doprowadzone do drugiego pokładnika wzdłużnego, licząc na zewnątrz od wzdłużnej zębownicy luku. Jeśli jest to niemożliwe, to pokładniki poprzeczne powinny być przedłużone do drugiego pokładnika wzdłużnego za pomocą wstawkowych usztywnień lub węzłówek.

8.2.3.3 Usztywnienia płaskiej górnej części grodzi poprzecznej lub poszycia cokołu górnego powinny zapewniać dostateczną stateczność całej konstrukcji przy działaniu obciążeń poprzecznych ściskających pokład, a pochodzących od poprzecznego obciążenia burt (patrz również 8.4.1).

8.3 Wymiarowanie wiązań

8.3.1 Poszycie

8.3.1.1 Grubości płyt poszycia pokładów i platform należy określać zgodnie z 13.2 i 13.4. Ponadto poszycie pokładów stanowiących ograniczenie zbiorników powinno spełniać wymagania dla grodzi wodoszczelnych na odpowiadających tym pokładom wysokościach.

8.3.1.2 Grubość mocnicy pokładowej pokładu wytrzymałościowego powinna być nie mniejsza od grubości przyległych płyt poszycia pokładu. Jeżeli końcowa ściana nadbudówki, której pokład jest pokładem wytrzymałościowym, jest położona w rejonie o współrzędnych $-0,25L_0 \leq x \leq 0,25L_0$, to mocnica pokładowa powinna mieć grubość zwiększoną o 20% na długości 3 m po obu stronach końcowej ściany nadbudówki.

8.3.1.3 Jeżeli na mocnicę lub pas poszycia pokładu wytrzymałościowego, do którego przyłączona jest gródź wzdłużna przenosząca obciążenia od zginania wzdłużnego kadłuba, wymagana jest stal kategorii B, D lub E, to szerokość ich powinna być nie mniejsza niż szerokość obliczona wg wzoru:

$$b = 800 + 5L_0 \quad [\text{mm}] \quad (8.3.1.3)$$

lecz nie musi przekraczać 1800 mm.

8.3.2 Usztywnienia

Wymiary poprzecznych i wzdłużnych pokładników pokładów i platform należy określać zgodnie z 13.5. Ponadto wymiary te powinny spełniać odpowiednie wymagania dla usztywnień grodzi wodoszczelnych w przypadku pokładów i platform stanowiących ograniczenia zbiorników.

8.3.3 Wymiarowanie i rozmieszczenie wiązarów pokładowych

8.3.3.1 Wymiary elementów wiązarów zwykłych: wzdłużników pokładowych, pokładników ramowych i końcowych pokładników luków oraz zrębnic lukowych spełniających rolę wzdłużników pokładowych powinny spełniać wymagania podrozdziału 13.6.

8.3.3.2 Wymagania w zakresie wymiarowania elementów pokładników wspornikowych podane są w 8.3.5.

8.3.3.3 Wzdłużniki pokładu lub platformy stanowiącej szczyt zbiornika powinny być usytuowane w płaszczyźnie pionowych wiązarów grodzi poprzecznej.

8.3.3.4 Pole przekroju mocnika powinno być równe co najmniej 1/7 pola przekroju środника, a grubość mocnika powinna być równa co najmniej 1/30 szerokości mocnika.

8.3.3.5 Pokładniki ramowe należy zastosować na najniższym pokładzie w przedziale maszynowym, w płaszczyźnie wręgów ramowych. Wysokość pokładników ramowych powinna być równa co najmniej 50% wysokości wręgów ramowych, a grubość środnika oraz wymiary mocnika powinny być równe odpowiednim wymiarom wręgów ramowych.

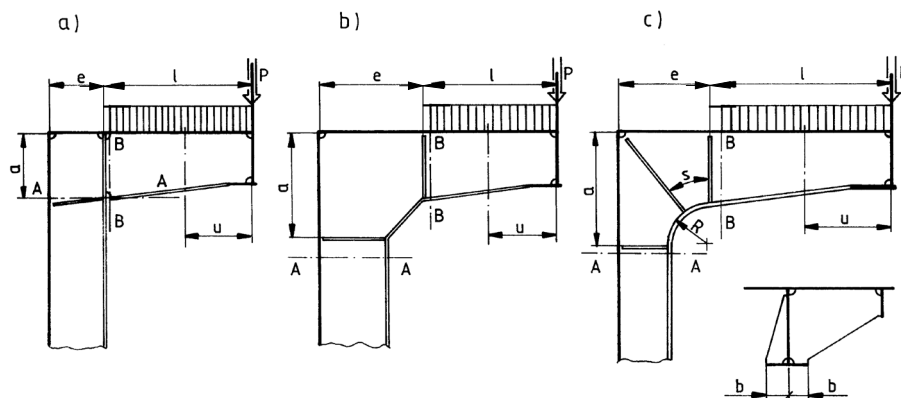
8.3.4 Złożone układy wiązarów

Jeżeli wiązary wchodzą w skład złożonego układu wiązarów, może być wymagane wyznaczenie ich wymiarów w oparciu o analizę naprężeń zgodnie z wymaganiami rozdziału 14. Wymagania dotyczące przeprowadzenia analizy naprężeń w wiązarach pokładu podano dla poszczególnych typów statków w rozdziałach 18–25.

8.3.5 Wymiarowanie pokładników wspornikowych luku

8.3.5.1 Wymagania podrozdziału 8.3.5 dotyczą wymiarowania pokładników wspornikowych wraz z wręgami ramowymi, które można traktować jako wiązary zwykłe (rys. 8.3.5.1).

Przy zastosowaniu innych rozwiązań konstrukcyjnych wymagane jest przeprowadzenie analizy naprężeń według rozdziału 14.



Rys. 8.3.5.1. Pokładniki wspornikowe w obrębie luku

8.3.5.2 Dla potrzeb niniejszego podrozdziału zastosowano następujące oznaczenia:

a, e – wymiary naroża (patrz rys. 8.3.5.1) [m];

b_e – efektywna szerokość mocnika [cm];

b – połowa rzeczywistej szerokości mocnika [cm];

l – rozpiętość pokładnika wspornikowego [m];

P – siła skupiona, przyłożona w miejscu przecięcia się pokładnika wspornikowego ze zrębnicą luku, wywołana działaniem ładunku na pokrywę luku oraz pokład usztywniony poprzecznie [kN];

Q – obciążenie rozłożone wywołane działaniem ładunku na pokład usztywniony wzdłużnie:

$$Q = plb_0 \text{ [kN];}$$

b_0 – szerokość obciążonej powierzchni równa odstępowi między pokładnikami wspornikowymi [m];

p – ciśnienie obliczeniowe od ładunku według rozdz. 16 [kPa];

$Q = 0$ dla pokładu usztywnionego poprzecznie;

u – odległość rozpatrywanego przekroju pokładnika wspornikowego od jego końca (patrz rys. 8.3.5.1) [m].

8.3.5.3 Wskaźnik przekroju pokładnika i wręgu ramowego (w przekrojach A-A i B-B na rys. 8.3.5.1) powinien być nie mniejszy niż wskaźnik obliczony wg wzoru:

$$W = \frac{6}{k} l(P + 0,5Q) \text{ [cm}^3\text{]} \quad (8.3.5.3)$$

8.3.5.4 Efektywną szerokość mocnika b_e należy określać następująco:

– dla niezaokrąglonego połączenia pokładnika wspornikowego z wręgą ramowym (rys. 8.3.5.1-a); -b):

$$b_e = 2b \text{ [cm]} \quad (8.3.5.4-1)$$

– dla zaokrąglonego połączenia pokładnika wspornikowego z wręgą ramowym (rys. 8.3.5.1-c):

$$b_e = 2Kb \text{ [cm]} \quad (8.3.5.4-2)$$

$$K = 1 - k_1 \left(1 - \frac{2}{c+2}\right) \quad (8.3.5.4-3)$$

k_1 – współczynnik z tabeli 8.3.5.4;
 c – współczynnik określany wg wzoru:

$$c = \frac{b^2}{Rt_m} \quad (8.3.5.4-4)$$

R – promień zaokrąglenia [cm];
 t_m – grubość mocnika; należy przyjmować $t_m \geq \frac{b}{10}$ [cm].

Tabela 8.3.5.4
Wartości współczynnika k_1

s/b	k_1
$0 < s/b \leq 2$	$0,1 s/b$
$2 < s/b \leq 4$	$0,1 (3 s/b - 4)$
$4 < s/b \leq 8$	$0,05 (s/b + 12)$

s – odstęp usztywnień według rys. 8.3.5.1, mierzony wzdłuż krawędzi mocnika [cm].

8.3.5.5 Efektywną szerokość pasa współpracującego poszycia pokładu i burt można przyjmować jako równą $0,4l$. Przyjęta szerokość powinna być nie większa od odstępów między pokładnikami wspornikowymi i od odległości e (patrz rys. 8.3.5.1).

8.3.5.6 Pole przekroju netto środника pokładnika wspornikowego powinno być nie mniejsze niż pole obliczone wg wzoru:

$$A_s = \frac{0,12}{k} \left(P + Q \frac{u}{l} \right) \quad [\text{cm}^2] \quad (8.3.5.6)$$

8.3.5.7 Grubość narożnej płyty środnika połączenia wręgu ramowego z pokładnikiem wspornikowym w obrębie między przekrojami A-A i B-B na rys. 8.3.5.1 powinna być nie mniejsza niż grubość obliczona wg wzoru:

$$t = \frac{0,012}{k} (P + 0,5Q) \frac{l}{ae} \quad [\text{mm}] \quad (8.3.5.7)$$

Płyta środnika w narożu wykonanym według rozwiązań a i b (rys. 8.3.5.1) powinna być dodatkowo wzmocniona, jeżeli wymiary naroża a i e są większe niż $70t$.

8.4 Wymagania dodatkowe

8.4.1 Wytrzymałość poprzeczna pokładu między lukami

Na statkach mających duże otwory lukowe należy sprawdzić, czy efektywne pole poprzecznego przekroju pokładu między lukami jest wystarczające do przeniesienia obciążeń poprzecznych działających na burty statku. Naprężenia zginające i styczne mogą powstać w wyniku obciążenia grodzi poprzecznej przylegającej do pokładu, a także w wyniku odkształceń kadłuba powodowanych jego skręcaniem.

Wzmocnienia mające na celu zmniejszenie naprężeń w pokładzie między lukami podlegają odrębnemu rozpatrzeniu przez PRS.

Do efektywnego pola przekroju poprzecznej przewiązki międzylukowej pokładu zalicza się pole przekroju:

- poszycia pokładu,
- pokładników poprzecznych,

- pokładników ramowych,
- końcowych pokładników luków (po odrębnym rozpatrzeniu),
- górnego cokołu grodzi poprzecznej,
- grodzi poprzecznej (płaskiej lub profilowanej poziomo) od pokładu do podstawy zbiornika szczytowego lub do poziomu $0,15H$ poniżej pokładu, w zależności od tego, która z tych wartości jest mniejsza.

Przy obliczaniu efektywnego pola przekroju przewiązki należy odjąć naddatki na korozję.

Naprężenia ściskające nie powinny być większe niż $120k$ [MPa] i nie powinny być większe niż 80% naprężenia krytycznego dla poszycia pokładu, grodzi i poszycia cokołu grodzi. Należy również sprawdzić stateczność usztywnień i wiązarów.

8.4.2 Wzmocnienia w obrębie uskoku pokładu

Wzmocnienia w obrębie uskoku pokładu podlegają odrębnemu rozpatrzeniu przez PRS.

8.4.3 Podparcie podnośnych urządzeń przeładunkowych

8.4.3.1 Maszty i kolumny powinny być skutecznie podparte i powiązane konstrukcyjnie co najmniej z dwoma pokładami lub z jednym pokładem i masztówką o wystarczająco silnej konstrukcji. Masztówki zwykle spotykanej wielkości i konstrukcji zasadniczo nie spełniają tego wymagania.

8.4.3.2 W miejscach zamocowania takielunku stałego, gai i topenant, pokład powinien być odpowiednio usztywniony i wzmocniony.

8.4.3.3 Pod wzdłużnymi wiązarami fundamentów urządzeń umieszczonych na pokładzie należy stosować wzmocnienia konstrukcji pokładu w postaci wiązarów, w razie potrzeby podpartych dodatkowo podporami. Wzmocnienia te podlegają odrębnemu rozpatrzeniu przez PRS.

8.4.4 Wzmocnienia pod fundamentami wciągarek kotwicznych

Należy sprawdzić wytrzymałość konstrukcji podpierającej fundament wciągarki kotwicznej. Siły działające na wciągarkę kotwiczną należy określić zgodnie z wymaganiami podrozdziału 6.3.7 z Części VII – *Silniki, mechanizmy, kotły i zbiorniki ciśnieniowe*.

8.5 Otwory w pokładach

8.5.1 Wymagania ogólne

8.5.1.1 Szerokość otworów pojedynczych luków ładunkowych powinna być nie większa niż 0,6 szerokości statku w rejonie otworu. Przy większej szerokości otworu oraz przy podwójnych i potrójnych lukach konstrukcja pokładu, a szczególnie naroża luku i jego wzmocnienia podlegają odrębnemu rozpatrzeniu przez PRS.

8.5.1.2 Otwory w pokładach, niebędące otworami luków, powinny odpowiadać następującym wymaganiom:

- w miarę możliwości otwory w pokładzie wytrzymałościowym w rejonie o współrzędnych $-0,3L_0 \leq x \leq 0,3L_0$, a dla statków o dużych otworach w obrębie ładowni, powinny być umieszczone w obszarze między lukami;
- otwory w pokładzie wytrzymałościowym, pomiędzy burtą a linią otworów luków, powinny być możliwie daleko odsunięte od naroży luków i burty;
- otwory w pozostałych rejonach i pokładach powinny być dostatecznie odsunięte od naroży otworów luków i rejonów zwiększonych naprężeń;
- należy spełnić wymagania podrozdziału 3.5 dotyczące wykonania, rozmieszczenia i wzmocnienia otworów.

8.5.2 Kształt naroży otworów luków

8.5.2.1 W rejonie o współrzędnych $-0,3L_0 \leq x \leq 0,3L_0$ kształt naroża otworu luku powinien odpowiadać następującym wymaganiom:

- jeżeli zastosowano zaokrąglenie będące częścią okręgu, to jego promień powinien być nie mniejszy niż promień obliczony wg wzoru:

$$R = 0,03 \left(1,5 + \frac{a}{b} \right) (B_1 - b) \quad [\text{m}] \quad (8.5.2.1-1)$$

b – szerokość otworu luku [m];

B_1 – szerokość statku w obrębie rozpatrywanego otworu [m];

a – odległość między poprzecznymi krawędziami sąsiednich otworów lukowych (szerokość „przewiązki” między lukami) [m];
można przyjmować:

$$\frac{a}{b} \leq 1 \text{ oraz } 7,5 \leq (B_1 - b) \leq 15$$

- jeżeli zastosowano zaokrąglenie o podwójnym promieniu krzywizny, to promień może być zmniejszony, przy czym wielkość tego zmniejszenia podlega odrębnemu rozpatrzeniu przez PRS;
- jeżeli zastosowano zaokrąglenie eliptyczne, to poprzeczny zakres krzywej powinien być nie mniejszy niż zakres obliczony wg wzoru:

$$d_y = 0,025 \left(1,5 + \frac{a}{B_1} \right) (B_1 - b) \quad [\text{m}] \quad (8.5.2.1-2)$$

8.5.2.2 Otwory luków w pozostałych rejonach pokładu wytrzymałościowego oraz pokładu drugiego leżącego powyżej $0,7H$ mogą mieć promień zaokrąglenia mniejszy o 50% od obliczonego wg wzoru 8.5.2.1-1, jednak nie mniejszy niż 0,2 m.

8.5.2.3 Otwory luków w pokładach i platformach innych aniżeli powyżej określone oraz w przypadku pokładu górnego statków o długości $L_0 \leq 40$ m mogą mieć promień zaokrąglenia równy 0,15 m.

8.5.3 Wzmocnienia pokładu w rejonie naroży luków

8.5.3.1 Jeżeli zastosowano naroża będące częścią łuku okręgu, to należy wykonać wzmocnienia pokładu wytrzymałościowego w obrębie naroży otworów luków poprzez zwiększenie grubości płyt poszycia o 25% w stosunku do grubości wymaganej w tym rejonie.

8.5.3.2 Wzdłużny zakres wzmocnienia naroża poza krawędź luku powinien być nie mniejszy niż $1,5R$ w kierunku rufy i dziobu, a poprzeczny – nie mniejszy niż $2R$ w kierunku burty (R – patrz wzór 8.5.2.1-1).

8.5.3.3 Styk pomiędzy zgrubioną płytą naroża a poszyciem o grubości normalnej powinien znajdować się w odległości co najmniej 100 mm od punktu zakończenia krzywizny naroża.

8.5.3.4 Jeżeli różnica grubości normalnej płyty pokładu między lukami i płyty zgrubionej jest większa niż 15 mm, należy zastosować między nimi płytę o pośredniej grubości. Kategoria stali tej płyty może być o jeden stopień niższa od kategorii stali zgrubionej płyty naroża.

8.6 Zrębnice

8.6.1 Wymagania ogólne

8.6.1.1 Wymagane wysokości zrębnic określone są w *Części III – Wyposażenie kadłubowe*, odrębnie dla luków ładunkowych (podrozdział 7.10.2), dla przewodów wentylacyjnych (podrozdział 7.7) oraz dla luków zejściowych i świetlików (podrozdział 7.6).

8.6.1.2 Ciągłe zrębnice wzdłużne oraz nieciągłe zrębnice wzdłużne, jeżeli mają one przedłużenia w postaci ciągłych wiązarów podpokładowych, należy wykonać z takiej stali, z jakiej wykonano pokład.

8.6.1.3 Górne krawędzie zrębnic luków ładunkowych powinny być gładkie.

8.6.2 Konstrukcja zrębnic luków ładunkowych

8.6.2.1 Pionowe płyty zrębnic wzdłużnych powinny rozciągać się poniżej pokładu na wysokość równą co najmniej wysokości kształtowników pokładników.

Jeżeli zrębница wzdłużna nie wchodzi w skład układu wiązarów, to jej część znajdująca się poniżej pokładu powinna być przedłużona co najmniej o dwa odstępy wręgowe poza końce luków.

8.6.2.2 Jeżeli pionowe płyty zrębnicy poprzecznej luku nie znajdują się w płaszczyźnie końcowego pokładnika luku, to powinny one być przedłużone pod pokładem co najmniej o trzy odstępy pokładników wzdłużnych poza zrębnicę wzdłużną.

8.6.2.3 Jeżeli zrębnice wzdłużne pełnią rolę wzdłużników, to powinny być przedłużone pod pokładem i należy je połączyć z pokładnikiem końcowym luku, a w miejscach połączeń należy zastosować płyty diamentowe.

8.6.2.4 W narożach luków położonych na pokładzie wytrzymałościowym końce zrębnic wzdłużnych należy zagiąć po linii zaokrąglenia naroża luku i spawać spoiną czołową ze zrębnicami poprzecznymi lub przedłużyć zrębnice wzdłużne i poprzeczne poza naroża za pomocą węzłówek.

Węzłówki powinny zapewniać płynne połączenie zrębnic z wiązarami pod pokładem.

8.6.2.5 Zrębnice wzdłużne o wysokości poniżej 0,6 m powinny być usztywnione pionowo na całej wysokości i na każdym wręgu lub w odstępach równych około 60 grubościom zrębnicy. Węzłówki przeciwskrętne powinny być zamontowane na co drugim wręgu, a górna krawędź zrębnicy powinna być wzmocniona za pomocą usztywnienia.

8.6.2.6 Zrębnice, których wysokość nad pokładem wynosi ponad 0,6 m, powinny mieć poziome usztywnienie zamontowane w odległości nie większej niż 0,25 m od górnej krawędzi zrębnicy. Jeżeli długość zrębnicy jest większa niż 3 m, to pomiędzy usztywnieniem poziomym a pokładem należy zastosować pionowe węzłówki wspornikowe w odstępach nie większych od dwu odstępów wręgowych.

Wzmocnienia zrębnic o wysokości większej niż 0,9 m oraz zrębnic luków zaopatrzonych w zamknięcia mechaniczne podlegają odrębnemu rozpatrzeniu przez PRS.

8.6.3 Wymiarowanie zrębnic luków

8.6.3.1 Wymiary zrębnic stanowiących wzdłużniki pokładowe lub końcowe pokładniki luków powinny odpowiadać wymaganiom podanym w 8.3.3.

8.6.3.2 Zrębnice luków ładowni przeznaczonych do przewozu balastu lub ładunku płynnego powinny odpowiadać wymaganiom dla grodzi zbiorników podanym w 9.3.

8.6.3.3 Grubość pionowych płyt zrębnic luków na statkach o długości $L_0 > 60$ m powinna być nie mniejsza niż 11 mm.

8.6.3.4 Płyty zrębnic oraz ich usztywnienia i węzłówki powinny mieć wystarczającą wytrzymałość dla przeniesienia miejscowych sił wywołanych urządzeniami zabezpieczającymi i otwierającymi pokrywę luku oraz sił bezwładności ładunku przewożonego na pokrywie luku (patrz również Część III – Wyposażenie kadłubowe, podrozdział 7.10).

8.6.3.5 Jeżeli przewidziano prowadzenie prac ładunkowych chwytakami, to należy uwzględnić wymagania podrozdziału 26.4.

8.6.4 Zrębnice przewodów wentylacyjnych

8.6.4.1 Grubość zrębnic przewodów wentylacyjnych na pokładzie wolnej burty oraz na otwartych pokładach nadbudówek położonych w rejonie o współrzędnych $x \geq 0,25L_0$ powinna być nie mniejsza niż grubość obliczona wg wzoru:

$$t = 0,01d + 5t \quad [\text{mm}] \quad (8.6.4.1)$$

d – średnica wewnętrzna, a dla zrębnicy prostokątnej długość większego boku, [mm].

Grubość t powinna być nie mniejsza niż 7 mm, ale nie musi być większa niż 10 mm.

Grubość zrębnic na pokładach nadbudówek pierwszej kondygnacji, rozmieszczonych w rejonie o współrzędnej $x < 0,25L_0$, może być o 10% mniejsza od grubości wymaganej dla zrębnic na pokładzie wolnej burty.

8.6.4.2 Jeżeli grubość stalowego poszycia pokładu jest mniejsza niż 10 mm, to w obrębie zrębnicy należy spawać płytę o grubości nie mniejszej niż 10 mm, o długości i szerokości nie mniejszej od podwójnej średnicy lub podwójnej długości większego boku zrębnicy.

W przypadku odpowiedniego powiązania zrębnicy z konstrukcją pokładu nie wymaga się stosowania spawanej płyty.

8.6.4.3 Jeżeli zrębnica przewodu wentylacyjnego ma wysokość większą niż 900 mm, to należy zastosować węzłówki mocujące zrębnicę do pokładu.

8.6.5 Zrębnice zejściówek i świetlików

Konstrukcja zrębnic zejściówek i świetlików powinna być pod względem wytrzymałościowym taka sama jak konstrukcja zrębnic luków ładunkowych; grubość zrębnic powinna być nie mniejsza niż 7 mm, ale nie musi być większa od grubości pokładu przy zrębnicy.

8.7 Podpory

8.7.1 Rozmieszczenie i ustawienie podpór

8.7.1.1 Osie podpór w międzypokładziach i ładowniach powinny w zasadzie znajdować się w jednej linii pionowej. Wzdłużniki pokładowe i pokładniki ramowe w miejscach ustawienia podpór powinny być wzmocnione.

8.7.1.2 Pod dolnym końcem podpory o średnicy większej niż 125 mm, na poszyciu dna wewnętrznego i pokładów (jeżeli nie zastosowano węzłówek przenoszących obciążenie) należy

zastosować płytkę nakładkową, spawaną na obwodzie spoiną ciągłą. Grubość płyty nakładkowej powinna być nie mniejsza niż grubość obliczona wg wzoru:

$$t = \frac{P}{245} + 10 \quad [\text{mm}] \quad (8.7.1.2)$$

P – nominalna siła osiowa w podporze, określana zgodnie z zasadami określonymi w 13.7 [kN].

Średnica płyty nakładkowej powinna być większa od średnicy podpory o $6t$.

8.7.1.3 Końce podpór silnie obciążonych oraz narażonych na znaczne obciążenia dynamiczne, podpór o średnicy większej niż 350 mm, a także wszystkich podpór o przekroju niekołowym należy mocować za pomocą węzłówek na lub pod pokładem lub w inny równorzędny sposób (wstawki stożkowe), niezależnie od zastosowania płyt nakładkowych, tak aby zapewnić przeniesienie obciążeń między podporami i na konstrukcje pokładów czy dna wewnętrznego.

8.7.2 Wymiarowanie podpór

8.7.2.1 Pole przekroju poprzecznego podpór należy obliczać według zasad określonych w 13.7.

8.7.2.2 Grubość ścianek podpór rurowych powinna być nie mniejsza niż grubość obliczona wg wzoru:

$$t = \frac{d_z}{50} + 3,5 \quad [\text{mm}] \quad (8.7.2.2)$$

i powinna wynosić nie mniej niż 6 mm.

d_z – średnica zewnętrzna podpory [mm].

8.7.2.3 Grubość środników podpór wykonanych z kształtowników powinna być nie mniejsza niż grubość obliczona wg wzoru:

$$t = \frac{h_s}{50} \quad [\text{mm}] \quad (8.7.2.3)$$

i powinna wynosić nie mniej niż 6 mm.

h_s – wysokość poprzecznego przekroju środnika podpory, [mm].

8.7.3 Podpory w zbiornikach

8.7.3.1 Jeżeli obciążenie hydrostatyczne może powodować w podporach naprężenia rozciągające, to pole ich przekroju poprzecznego powinno być nie mniejsze niż pole obliczone wg wzoru:

$$A_p = 0,07F_p p_p \quad [\text{cm}^2] \quad (8.7.3.1)$$

F_p – pole powierzchni pokładu podpartej przez podpory [m²];

p_p – ciśnienie obliczeniowe powodujące naprężenie rozciągające w podporze [kPa].

8.7.3.2 Podpory w zbiornikach powinny być wykonane z płyt lub kształtowników otwartych.

8.7.3.3 Zamiast końcowych płytek nakładkowych, omówionych w 8.7.1.2, należy stosować węzłówki końcowe.

8.8 Ładowiska dla śmigłowców

8.8.1 Wymagania ogólne

8.8.1.1 Wymagania niniejszego podrozdziału odnoszą się do statków z ładowiskami dla śmigłowców, umieszczonymi na otwartych pokładach lub specjalnych platformach.

8.8.1.2 Dokumentacja lądowiska dla śmigłowców, którą należy przedstawić do zatwierdzenia, powinna określać usytuowanie lądowiska, jego wymiary całkowite, wymiary powierzchni przeznaczonej do lądowania oraz szczegóły konstrukcyjne.

Jeżeli przewiduje się stacjonowanie śmigłowca (śmigłowców) na lądowisku, na planie należy oznaczyć powierzchnię przeznaczoną do tego celu oraz uwidocznić rozmieszczenie urządzeń do mocowania śmigłowca do pokładu.

Należy również określić dane techniczne śmigłowca, niezbędne do obliczeń wytrzymałości konstrukcji lądowiska, takie jak: maksymalna masa, rozstaw osi kół, wymiary śladów kół, średnica rotora.

8.8.1.3 Średnica lądowiska nie powinna być mniejsza aniżeli $4/3$ maksymalnej średnicy rotora śmigłowca, który miałby lądować.

8.8.1.4 Powierzchnia lądowiska powinna być pokryta powłoką przeciwślizgową. Lądowiska wyłożone drewnem powinny być zabezpieczone pod względem przeciwpożarowym.

8.8.1.5 W przypadku lądowiska na specjalnych platformach zaleca się stosowanie siatek bezpieczeństwa okalających platformę.

8.8.1.6 W przypadku śmigłowców mających urządzenia do lądowania inne niż koła – wartości lokalnych obciążeń obliczeniowych podlegają odrębnemu rozpatrzeniu przez PRS.

8.8.1.7 Wszędzie, gdzie to jest uzasadnione, należy uwzględnić naddatki korozyjne. Wielkości takich naddatków podlegają odrębnemu rozpatrzeniu przez PRS.

8.8.1.8 Zaleca się, aby powierzchnia lądowiska posiadała na obwodzie odpowiedni system odwodnień, uwzględniający użycie instalacji gaśniczych oraz możliwość wystąpienia przecieków paliwa.

8.8.2 Obciążenia obliczeniowe

8.8.2.1 Należy uwzględnić następujące obciążenia obliczeniowe lądowiska działające osobno:

- .1** obciążenie ciągłe rozmieszczone równomiernie na powierzchni lądowiska nie mniejsze niż 2 kPa;
- .2** obciążenie udarowe wywoływane przez lądujący śmigłowiec, odpowiadające 150% jego maksymalnej masy startowej i działające na dwie powierzchnie śladów kół o wymiarach nie większych niż $0,3\text{ m} \times 0,3\text{ m}$;
- .3** jeżeli lądowisko przewidziano na pokładach nadbudówek lub pokładówek, których pomieszczenia przeznaczone są do stałego przebywania osób (pomieszczenia mieszkalne, stanowiska sterowania itp.), wymienione obciążenia należy zwiększyć o 15%;
- .4** obciążenia lokalne wywołane przez śmigłowiec na postoju, obliczone jako obciążenia przypadające na koła przy maksymalnej masie startowej śmigłowca – według danych producenta, powiększone o składnik dynamiczny będący skutkiem ruchów statku na sfalowanym morzu, wyznaczony wg zasad określonych w 16.4.4;
- .5** ponadto, jeżeli ma to zastosowanie, należy uwzględnić obciążenie od śniegu i lodu w formie ciśnienia o wartości 0,5 kPa.

8.8.2.2 W obliczeniach wiązarów lądowiska oraz elementów konstrukcji podpierających lądowisko (wiązania ramowe, podpory kratownic itp.) należy uwzględnić masę konstrukcji lądowiska poprzez dodanie odpowiednich wartości do obciążeń wymienionych w 8.8.2.1.1, 8.8.2.1.2 i 8.8.2.1.3.

8.8.2.3 W obliczeniach elementów konstrukcyjnych powinny być również uwzględnione obciążenia lądowiska od wiatru i obciążenia udarowe od fali, jeżeli z analizy wynika możliwość powstania takich obciążeń.

8.8.2.4 Lądowisko powinno być obliczone przy założeniu, że śmigłowiec może lądować w dowolnym miejscu powierzchni wyznaczonej do lądowania.

8.8.3 Konstrukcja lądowisk na specjalnych platformach

8.8.3.1 Grubość poszycia lądowiska obciążonego obciążeniem ciągłym należy przyjmować nie mniejszą od grubości obliczonej wg wzoru (13.4.2.1-1). Należy przy tym przyjąć σ jako równe $140k$ [MPa]. Należy także spełnić wymagania dotyczące grubości minimalnych podane w 13.2.4.

8.8.3.2 Grubość poszycia lądowiska określoną dla obciążenia od kół należy przyjmować nie mniejszą od grubości obliczonej wg wzoru (19.4.2), przyjmując wartość współczynnika $K1$ jako równą $1,075$.

8.8.3.3 Wymiary wiązarów i elementów konstrukcji podpierającej lądowisko należy określić na podstawie obliczeń bezpośrednich, z uwzględnieniem wymagań podrozdziału 14.3.

Wymiary usztywnień lądowiska wynikające z obciążenia określonego w 8.8.2.1.1 można określać wg 13.5, przyjmując wartość $\sigma = 140k$ [MPa].

Wymiary usztywnień lądowiska wynikające z obciążeń opisanych w 8.8.2.1.2 i 8.8.2.1.3 należy określić na podstawie obliczeń bezpośrednich, z uwzględnieniem wymagań podanych w 14.3.

Wartości naprężeń dopuszczalnych podano w tabeli 8.8.3.3.

Tabela 8.8.3.3
Wartości naprężeń dopuszczalnych w elementach konstrukcyjnych lądowiska dla śmigłowców [MPa]

Obciążenie	Elementy konstrukcji	
	usztywnienia	wiązary i podpory
wg 8.8.2.1.1	$\sigma = 140k$	$\sigma = 120k$, ale nie więcej niż $0,6\sigma_c$, $\tau = 70k$, $\sigma_{zr} = 140k$
wg 8.8.2.1.2	$\sigma = 225k$, $\tau = 110k$, $\sigma_{zr} = 235k$	$\sigma = 190k$, ale nie więcej niż $0,9\sigma_c$, $\tau = 110k$, $\sigma_{zr} = 210k$
wg 8.8.2.1.3	$\sigma = 195k$, $\tau = 100k$, $\sigma_{zr} = 210k$	$\sigma = 170k$, ale nie więcej niż $0,9\sigma_c$, $\tau = 100k$, $\sigma_{zr} = 190k$

Uwagi:

- σ_c w tabeli 8.8.3.3 oznacza wartość naprężeń krytycznych (normalnych) podpór, rozpornic, itp., obliczanych wg wymagań rozdziału 13.
- Naprężenie zredukowane należy obliczać wg wzoru 14.4.6. W przypadku stosowania do obliczeń bezpośrednich modeli belkowych należy przyjąć $\sigma_y = 0$.

8.8.3.4 Rozmieszczenie wiązarów i podpór lądowiska powinno być dostosowane do konstrukcji kadłuba statku. W razie potrzeby konstrukcję kadłuba należy uzupełnić dodatkowymi podporami lub odpowiednio wzmocnić.

8.8.4 Konstrukcja lądowisk usytuowanych na otwartych pokładach statku

W przypadku gdy lądowisko śmigłowców stanowi część pokładu otwartego, jego konstrukcja podlega odrębnemu rozpatrzeniu przez PRS.

9 GRODZIE

9.1 Zasady ogólne

9.1.1 Zastosowanie

Wymagania niniejszego rozdziału dotyczą rozmieszczenia i konstrukcji grodzi zgodnie z definicją podaną w 1.2.5.

Na statkach podlegających Konwencji SOLAS należy także spełnić **mające zastosowanie** wymagania dotyczące rozmieszczenia i konstrukcji grodzi, wymagania dotyczące otworów w grodziach oraz wymagania dotyczące prób szczelności i wytrzymałości grodzi, zawarte w SOLAS II-1, Część B-2.

Przy rozpatrywaniu grodzi wodoszczelnych należy uwzględnić uwagi wyjaśniające, podane w MSC.429(98)/Rev.2.

9.1.2 Oznaczenia

L_F = L – długość statku zdefiniowana w 1.2.2 [m].

T_F – zanurzenie statku równe $0,85H_F$ [m].

H_F – najmniejsza wysokość boczna mierzona do pokładu wolnej burty [m].

δ_F – współczynnik pełnotliwości kadłuba odpowiadający zanurzeniu T_F :

$$\delta_F = \frac{V_F}{L_F B T_F} \quad (9.1.2)$$

PD_F – pion dziobowy określony dla wodnicy, na której mierzona jest długość L_F .

h_N – wysokość nadbudówki [m].

V_F – objętość zanurzonej części statku, określonej na zewnętrznych krawędziach wręgów przy zanurzeniu T_F [m].

9.2 Podział grodziowy

9.2.1 Wymagania ogólne

9.2.1.1 Należy spełnić wymagania *Części IV – Stateczność i niezatapialność*, odnoszące się do podziału kadłuba na przedziały wodoszczelne.

9.2.1.2 Wszystkie statki powinny posiadać następujące grodzie wodoszczelne:

- gródź zderzeniową,
- gródź skrajnika rufowego,
- grodzie ograniczające przedział maszynowy (przy czym gródź przedziału maszynowego może być jednocześnie grodzią skrajnika rufowego) – patrz rezolucja *MSC.429(98)/Rev.2 - Znowelizowane objaśnienia do Rozdziału II-1 Budowa – konstrukcja, niezatapialność i stateczność (Revised explanatory notes to the SOLAS Chapter II-1 Subdivision and Damage Stability Regulation)*.

Rozmieszczenie grodzi powinno zapewniać oddzielenie przedziału maszynowego od pomieszczeń ładunkowych i mieszkalnych od strony dziobu i rufy i grodzie te powinny być wodoszczelne do poziomu pokładu grodziowego na statkach pasażerskich oraz do pokładu wolnej burty na statkach towarowych. Należy umieścić także gródź skrajnika rufowego, która powinna być wodoszczelna do poziomu pokładu grodziowego lub pokładu wolnej burty. Gródź skrajnika rufowego może posiadać uskoki poniżej pokładu grodziowego lub pokładu wolnej burty, pod warunkiem zachowania bezpieczeństwa statku związanego z podziałem grodziowym.

Ogólna liczba poprzecznych grodzi wodoszczelnych na statkach niemających grodzi wzdłużnych nie powinna być mniejsza od liczby podanej w tabeli 9.2.1.2.

Odległość między sąsiednimi grodziami nie powinna przekraczać 30 m; jej zwiększenie podlega odrębnemu rozpatrzeniu przez PRS.

Liczba grodzi wodoszczelnych może zostać zmniejszona po odrębnym rozpatrzeniu przez PRS podziału przestrzennego i wytrzymałości kadłuba. Dla poszczególnych typów statków mogą mieć zastosowanie specjalne wymagania, w tym wynikające z międzynarodowych konwencji, dotyczące liczby i rozmieszczenia grodzi wodoszczelnych.

Tabela 9.2.1.2
Liczba poprzecznych grodzi wodoszczelnych

Długość statku L_F [m]	Położenie przedziału maszynowego	
	na rufie ¹⁾	w innym rejonie
$L_F \leq 65$	3	4
$65 < L_F \leq 85$	4	4
$85 < L_F \leq 105$	4	5
$105 < L_F \leq 125$	5	6
$125 < L_F \leq 145$	6	7
$145 < L_F \leq 165$	7	8
$165 < L_F \leq 190$	8	9
$190 < L_F \leq 225$	9	10
$L_F > 225$	według uzgodnienia z PRS	

¹⁾ Gródź skrajnika rufowego stanowi ograniczenie przedziału maszynowego od strony rufy.

9.2.2 Gródź zderzeniowa

9.2.2.1 Należy umieścić gródź zderzeniową, która powinna być wodoszczelna do poziomu pokładu grodziowego na statkach pasażerskich i pokładu wolnej burty na statkach towarowych.

Gródź zderzeniowa na statkach pasażerskich powinna być umieszczona zgodnie z wymaganiami 19.1.5.4 ÷ 19.1.5.6.

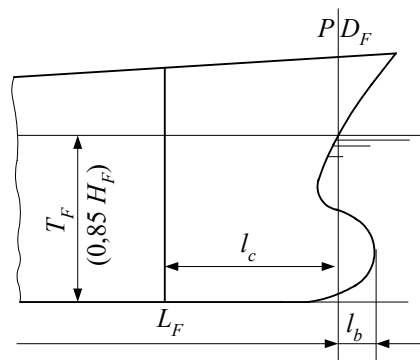
9.2.2.2 Odległość l_c grodzi zderzeniowej od pionu dziobowego PD_F powinna być zawarta w przedziale:

$$l_1 - l_r \leq l_c \leq l_2 - l_r \quad [m] \quad (9.2.2.2)$$

- l_1 = mniejsza wartość spośród $0,05L_F$ i 10 m;
- l_2 = większa wartość spośród $0,08L_F$ i $0,05L_F + 3$ [m], przy czym należy przyjmować:
- dla statków ze zwykłym kształtem dziobu:
 $l_r = 0$
- dla statków, których jakakolwiek podwodna część kadłuba sięga przed płaszczyznę pionu dziobowego, PD_F , najmniejszą z wartości:
 $l_r = 0,5l_b$ [m],
 $l_r = 0,015L_F$ [m],
 $l_r = 3,0$ [m].

Sposób określenia l_b pokazano na rysunku 9.2.2.2.

9.2.2.3 Powyższe wymagania odnoszą się również do uskoków i wnęk w grodzi zderzeniowej.

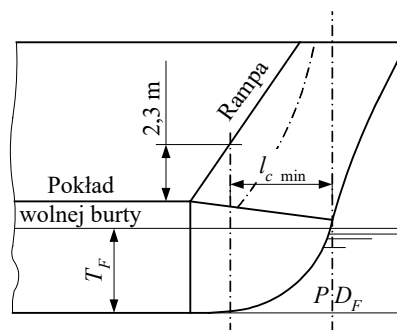


Rys. 9.2.2.2. Określenie położenia grodzi zderzeniowej

9.2.2.4 Jeżeli na statku z furtą dziobową pochyła rampa ładunkowa stanowi część przedłużenia grodzi zderzeniowej powyżej pokładu grodziowego na statkach pasażerskich lub pokładu wolnej burty na statkach towarowych, to rampa powinna być strugoszczelna na całym obwodzie.

Na statkach towarowych część zamkniętej rampy, leżąca powyżej poziomu 2,3 m nad pokładem wolnej burty, może sięgać w kierunku dziobu poza granicę określoną w 9.2.2.2 (patrz rys. 9.2.2.4).

Rampy niespełniające powyższych wymagań nie mogą być traktowane jako część grodzi zderzeniowej.



Rys. 9.2.2.4. Gródź zderzeniowa z rampą

9.2.2.5 Po uzgodnieniu z PRS, odległość grodzi zderzeniowej od PDF może być zwiększona ponad określoną w 9.2.2.2, jeżeli po zalaniu skrajnika dziobowego wodnica awaryjna statku będzie się znajdowała poniżej pokładu wolnej burty.

9.2.2.6 W grodzi zderzeniowej poniżej pokładu grodziowego na statkach pasażerskich lub poniżej pokładu wolnej burty na statkach towarowych nie wolno umieszczać drzwi, włazów, otworów wejściowych, kanałów wentylacyjnych lub innych otworów (patrz rezolucja MSC.421(98), Załącznik, Część B-2, przepisy 12.6.1 oraz 12.6.2).

9.2.2.7 Liczbę otworów w przedłużeniu grodzi zderzeniowej powyżej pokładu wolnej burty należy ograniczyć do minimum uwzględniającego założenia projektowe i normalną eksploatację statku. Wszystkie takie otwory powinny posiadać strugoszczelne zamknięcia.

9.2.3 Pionowy zasięg grodzi wodoszczelnych

9.2.3.1 Wszystkie grodzie wodoszczelne powinny sięgać do pokładu grodziowego na statkach pasażerskich lub do pokładu wolnej burty na statkach towarowych. Gródź skrajnika rufowego może posiadać uskoki poniżej pokładu grodziowego lub pokładu wolnej burty, pod warunkiem zachowania bezpieczeństwa statku związanego z podziałem grodziowym.

9.2.3.2 Dla statków mających pokład ciągły poniżej pokładu wolnej burty oraz zanurzenie mniejsze od wysokości bocznej mierzonej do niższego pokładu, wszystkie grodzie wodoszczelne, z wyjątkiem grodzi zderzeniowej, mogą dochodzić tylko do niższego pokładu. W tych przypadkach wymaga się jednak, aby szyb maszynowy między pokładem wolnej burty a pokładem niższym oraz pokład niższy w obrębie przedziału maszynowego poza szybem, miały konstrukcję wodoszczelną.

9.2.3.3 Gródź zderzeniowa na statkach z pokładem ciągłym ponad pokładem wolnej burty powinna dochodzić do kolejnego pokładu ponad pokładem grodziowym na statkach pasażerskich lub pokładem wolnej burty na statkach towarowych i powinna być strugoszczelna. Przedłużenie grodzi znajdującej się powyżej pokładu wolnej burty/grodziowego może nie być wykonane bezpośrednio w przedłużeniu części usytuowanej poniżej, pod warunkiem że wszystkie jej części, włącznie z należącymi do powiązanej z nią rampy, znajdują się w granicach określonych w 9.2.2.2, z wyjątkiem podanym w 9.2.2.4, oraz że fragment pokładu stanowiący uskok grodzi jest strugoszczelny. Przedłużenie to powinno być tak usytuowane, aby nie było możliwe uszkodzenie go przez furtę dziobową lub rampę, jeśli są zainstalowane, w przypadku uszkodzenia lub oderwania furty dziobowej lub części rampy.

9.2.4 Przedziały ochronne

9.2.4.1 Przedziały ochronne należy stosować w przypadkach sąsiedztwa:

- zbiorników paliwa o temperaturze zapłonu niższej niż 43°C z pomieszczeniami mieszkalnymi, służbowymi i chłodzonymi;
- zbiorników paliwa ze zbiornikami wody słodkiej, oleju smarowego i oleju roślinnego;
- zbiorników oleju z pomieszczeniami mieszkalnymi, służbowymi i chłodzonymi oraz zbiornikami paliwa i wody słodkiej;
- zbiorników ładunkowych i resztkowych dla paliwa o temperaturze zapłonu niższej niż 43°C z pomieszczeniami służbowymi, przedziałem maszynowym, kotłownią, ładownią drobnicową;
- zbiorników oleju roślinnego ze zbiornikami paliwa, oleju smarowego, wody słodkiej;
- zbiorników wody słodkiej ze zbiornikami paliwa, oleju smarowego i roślinnego.

Szerokość pionowych przedziałów ochronnych powinna być nie mniejsza niż 0,6 m, a wysokość poziomych przedziałów ochronnych nie mniejsza niż 0,7 m, jeżeli nie ma innych wymagań. Należy zapewnić odpowiedni dostęp do przedziałów ochronnych w celu ich przeglądów i remontów. Przedział przed grodzią zderzeniową (skrajnik dziobowy) nie jest uznawany za przedział ochronny.

9.2.4.2 Na statkach o pojemności brutto równej 400 lub większej zbiorniki znajdujące się przed grodzią zderzeniową nie powinny być stosowane do przewozu paliwa i innych cieczy palnych.

9.2.5 Minimalna wysokość dziobu

Minimalną wysokość dziobu należy określić wg Załącznika 7 z Części IV – *Stateczność i niezatapialność*.

9.2.6 Konstrukcja grodzi wodoszczelnych

9.2.6.1 Każda wodoszczelna gródź podziałowa*, zarówno poprzeczna, jak i wzdłużna, powinna być zbudowana w oparciu o wymiarowanie określone w podrozdziale 1.2 (SOLAS II-1/2.17). We wszystkich przypadkach wodoszczelne grodzie podziałowe powinny być w stanie wytrzymać co najmniej ciśnienie wywołane słupem wody aż do pokładu grodziowego na statkach pasażerskich i pokładu wolnej burty na statkach towarowych. (SOLAS II-1/10.1)

* Uwagi wyjaśniające – patrz MSC.429(98)/Rev.2.

9.2.6.2 Uskoki i wgłębienia w grodziach wodoszczelnych powinny mieć taką samą wytrzymałość jak gródź w miejscu ich występowania. (SOLAS II-1/10.2)

9.2.6.3 Jeżeli w grodziach wodoszczelnych przewidziano otwory, powinny one być wyposażone w odpowiednie zamknięcia spełniające mające zastosowanie wymagania określone w podrozdziale 7.9 z Części III – Wyposażenie kadłubowe.

9.3 Konstrukcja

9.3.1 Wymagania ogólne

9.3.1.1 Zbiorniki skrajników, jeżeli ich szerokość jest większa niż $2/3B$, powinny mieć gródź przelewową w płaszczynie symetrii statku.

9.3.1.2 Na statkach z przedziałem maszynowym na śródkręciu powinien być zastosowany wodoszczelny tunel wału śrubowego. Na statkach o ograniczonym rejonie żeglugi, znak II lub III w symbolu klasy, można nie stosować tunelu wału śrubowego, pod warunkiem innego skutecznego zabezpieczenia linii wału. Należy zapewnić swobodny dostęp do łożysk i dławnic wału śrubowego.

9.3.1.3 We wszystkich przypadkach pochwa wału śrubowego w zasadzie powinna być umieszczona w wodoszczelnym przedziale o niewielkiej objętości.

Na statkach pasażerskich dławnica pochwy wału śrubowego powinna znajdować się w wodoszczelnym tunelu wału śrubowego lub innym wodoszczelnym pomieszczeniu, oddzielonym od przedziału pochwy wału śrubowego i posiadającym objętość, która pozwala na to, aby pokład grodziowy nie został zalany w przypadku wycieku z dławnicy.

W odniesieniu do statków towarowych dopuszcza się możliwość zastosowania innych rozwiązań konstrukcyjnych minimalizujących niebezpieczeństwo zalania przestrzeni kadłuba wskutek uszkodzenia układu pochwy wału śrubowego; rozwiązania takie podlegają każdorazowo odrębnemu rozpatrzeniu przez PRS (patrz rezolucja MSC.429(98)/Rev.2 - *Znowelizowane objaśnienia do Rozdziału II-1 Budowa – konstrukcja, niezatapialność i stateczność (Revised explanatory notes to the SOLAS Chapter II-1 Subdivision and Damage Stability Regulation)*).

Części ruchome, przechodzące przez poszycie kadłuba poniżej poziomu największego zanurzenia podziałowego, powinny posiadać wodoszczelne uszczelnienie przyjęte przez PRS. Dławnica wewnętrzna powinna być umieszczona wewnątrz pomieszczenia wodoszczelnego o takiej objętości, która pozwala na to, aby po jego zalaniu pokład grodziowy na statkach pasażerskich lub pokład wolnej burty na statkach towarowych nie był zanurzony. PRS może wymagać, aby w przypadku zalania takiego przedziału urządzenia podstawowe lub awaryjne pozostały dostępne w innych częściach statku.

9.3.2 Konstrukcja grodzi wzdłużnych

W rejonie o współrzędnych $-0,25L_0 \leq x \leq 0,25L_0$, w pasie o szerokości $0,15H$ powyżej dna i poniżej pokładu wytrzymałościowego ciągłość usztywnień wzdłużnych grodzi powinna być taka, jaka jest wymagana odpowiednio dla usztywnień wzdłużnych dna i pokładu.

9.3.3 Grodzie profilowane

9.3.3.1 Poprzeczne i wzdłużne grodzie zbiorników i ładowni mogą być profilowane.

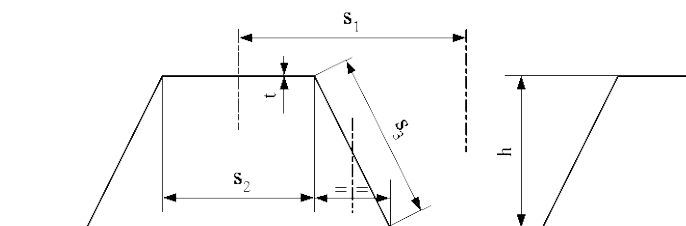
Wzdłużne grodzie profilowane powinny mieć przy dnie i pokładzie płaskie odcinki o szerokości nie mniejszej niż $0,13H$.

Poprzeczne grodzie profilowane o pionowym układzie profilowania zasadniczo powinny mieć przy burcie płaskie odcinki o szerokości nie mniejszej niż $0,08B$.

Jeżeli rozpiętość pionowego elementu grodzi profilowanej jest większa niż 15 m, to należy zastosować wiązary poziome.

9.3.3.2 Obliczeniowe odstępki usztywnień dla grodzi profilowanych przyjmuje się następująco (patrz rys. 9.3.3.2):

- do obliczeń wymaganej grubości poszycia większą z wartości:
 $s = 1,05s_2$ lub $s = 1,05s_3$ [m] – w ogólnym przypadku,
 $s = s_2$ lub $s = s_2 s = s_3$ [m] – jeżeli pasy środkowe tworzą z płaszczyzną grodzi kąt 90° ,
- do obliczeń wymaganego wskaźnika przekroju elementu grodzi profilowanej:
 $s = s_1$.



Rys. 9.3.3.2. Gródź profilowana

9.4 Wymiarowanie wiązań

9.4.1 Poszycie

9.4.1.1 Grubość płyt poszycia grodzi wodoszczelnych, przelewowych oraz grodzi zbiorników należy określać zgodnie z wymaganiami podanymi w 13.2 i 13.4.

9.4.1.2 Grubość poszycia grodzi skrajnika rufowego w rejonie dławnicy wału śrubowego należy zwiększyć.

9.4.1.3 Jeżeli nie została sprawdzona stateczność konstrukcji grodzi profilowanej za pomocą analizy naprężeń, to grubość poszycia tej grodzi powinna być nie mniejsza niż:

$$t = \frac{s_2}{0,05} \text{ [mm]}, \quad \text{gdy } \frac{s_2}{s_3} = 0,5 \quad (9.4.1.3-1)$$

$$t = \frac{s_2}{0,07} \text{ [mm]}, \quad \text{gdy } \frac{s_2}{s_3} \geq 1,0 \quad (9.4.1.3-2)$$

(s_1, s_2 – patrz rys. 9.3.3.2).

Dla pośrednich wartości s_2/s_3 minimalną wymaganą grubość t należy określać przez interpolację liniową.

Jeżeli wskaźnik przekroju elementu grodzi profilowanej jest większy od wymaganego, to grubość poszycia grodzi można zmniejszyć, mnożąc wymaganą grubość przez następujący współczynnik:

$$\sqrt{\frac{W \text{ wymagany}}{W \text{ rzeczywisty}}} \quad (9.4.1.3-3)$$

9.4.1.4 Może być wymagane określenie grubości poszycia grodzi przelewowej z uwzględnieniem obciążeń pochodzących od oddziaływania sąsiadujących konstrukcji.

9.4.2 Usztywnienia

9.4.2.1 Wymiary pionowych i poziomych usztywnień oraz elementów profilowanych grodzi należy określać zgodnie z 13.5.

9.4.2.2 Usztywnienia przenoszące ściskające obciążenia osiowe powinny również spełniać wymagania podrozdziału 13.7.3.

9.4.2.3 W ładowniach przeznaczonych do przewozu ładunków masowych lub balastu wymiary pionowych profili grodzi profilowanych lub wiązań podwójnych grodzi poprzecznych niepodpartych na całej rozpiętości (od dna do pokładu) powinny być określone na podstawie analizy naprężeń przy uwzględnieniu wpływu reakcji dna podwójnego i pokładu. Wymaganie to dotyczy też zastosowanych przy dnie lub pokładzie konstrukcji skrzyniowych (cokołów).

9.4.3 Wiązary zwykłe

Wymiary elementów wiązarów poziomych i pionowych grodzi wzdłużnych i poprzecznych należy określać zgodnie z 13.6.

Jeżeli wiązary grodzi przenoszą ściskające obciążenia osiowe, to wymiary elementów tych wiązarów powinny również odpowiadać wymaganiom podrozdziału 13.7.3.

9.4.4 Złożone układy wiązarów

Jeżeli wiązary grodzi wchodzi w skład złożonego układu wiązarów kadłuba, może być wymagane wyznaczenie ich wymiarów w oparciu o analizę naprężeń zgodnie z wymaganiami rozdziału 14. Przypadki, w których wymagane jest przeprowadzenie analizy naprężeń w wiązarach grodzi, podano dla poszczególnych typów statków.

9.5 Wymagania dodatkowe

9.5.1 Tunel wału śrubowego

9.5.1.1 Wymiary wiązań tunelu wału śrubowego powinny odpowiadać odpowiednim wymaganiom podanym dla grodzi, jednakże grubość płyt poszycia górnej części tunelu o kształcie zaokrąglonym może stanowić 90% grubości wymaganej dla płaskiego poszycia, przy zachowaniu tego samego odstępów usztywnień.

9.5.1.2 Jeżeli w przypadku ładowni do przewozu ładunków suchych na górnym poszyciu tunelu pod otworami lukowymi nie zastosowano szalowania, to grubość tego poszycia należy zwiększyć o 2 mm.

9.5.2 Grodzie podporowe

9.5.2.1 Usztywnienia grodzi podpierających pokłady należy traktować jako podpory, które powinny spełniać wymagania podrozdziału 13.7.3, przy czym promień bezwładności przekroju usztywnienia należy obliczać wraz z pasem współpracującym o szerokości $40t$ (t – grubość poszycia grodzi).

9.5.2.2 Grubość poszycia powinna być nie mniejsza niż 7,5 mm w ładowni i 6,5 mm w międzypokładziu.

9.5.2.3 Wysokość profilu na grodziach profilowanych powinna być nie mniejsza niż 150 mm w ładowni i 100 mm w międzypokładziu.

9.5.3 Konstrukcja pokładów wodoszczelnych, szybów, tuneli i kanałów wentylacyjnych

9.5.3.1 Konstrukcja pokładów wodoszczelnych, szybów, tuneli, wzdłużników tunelowych i kanałów wentylacyjnych powinna mieć wytrzymałość nie mniejszą od wymaganej wytrzymałości fragmentów grodzi wodoszczelnych, usytuowanych na tym samym poziomie.

9.5.3.2 Wodoszczelne kanały wentylacyjne i szyby powinny być na statkach pasażerskich doprowadzone przynajmniej do pokładu grodziowego, a towarowych – przynajmniej do pokładu wolnej burty.

9.5.3.3 Jeżeli kanał wentylacyjny przechodzi przez pokład grodziowy, to jego konstrukcja powinna wytrzymać w warunkach obciążenia od wewnątrz statyczne ciśnienie wody, które może wystąpić w zakładanych stanach zalania przedziałów statku (zgodnie z *Częścią IV – Stateczność i niezatapialność*) z uwzględnieniem maksymalnych kątów przechyłu występujących w pośrednich stadiach zalania. Konstrukcję kanału wentylacyjnego, wymiarowaną analogicznie do konstrukcji grodzi wodoszczelnych, uważa się za wystarczająco wytrzymałą.

10 NADBUDOWY

10.1 Zasady ogólne

10.1.1 Zastosowanie

Wymagania niniejszego rozdziału dotyczą konstrukcji końcowych ścian nadbudówek, ścian pokładówek, szybów oraz nadburcia.

W odniesieniu do bocznych ścian nadbudówek mają zastosowanie wymagania rozdziału 7, zaś do pokładów, pokładówek i nadbudówek mają zastosowanie wymagania rozdziału 8.

10.1.2 Określenia

Pokładówka długa – pokładówka, której długość lub część długości znajdująca się w obrębie $0,4L_0$ w środkowej części statku wynosi nie mniej niż $0,2L_0$.

Pokładówka krótka – pokładówka, która nie może być określona jako długa.

Kondygnacja – przestrzeń między kolejnymi pokładami nadbudówki lub pokładówki; kondygnacje liczone są od pokładu górnego.

10.1.3 Oznaczenia

l – rozpiętość usztywnienia [m], określana według zasad określonych w 3.2.1;

s – odstęp usztywnień [m];

p – ciśnienie obliczeniowe [kPa].

10.2 Konstrukcja

10.2.1 Ciągłość konstrukcji

10.2.1.1 W nadbudówkach i pokładówkach, szczególnie usytuowanych na rufie, ściana dziobowa powinna znajdować się w płaszczyźnie grodzi poprzecznej znajdującej się poniżej lub powinna być podparta przez układ poprzecznych grodzi częściowych, wiązań ramowych i podpór. Rufowa ściana końcowa powinna być także efektywnie podparta.

Jeżeli jest to możliwe, ściany boczne nieosłonięte oraz wewnętrzne ściany wzdłużne i poprzeczne powinny znajdować się w płaszczyźnie grodzi zbiorników lub w płaszczyźnie wiązarów i powinny leżeć w jednej płaszczyźnie na kolejnych kondygnacjach. Na statkach, gdzie taki układ konstrukcji jest niemożliwy, należy stosować inny skuteczny sposób podparcia.

10.2.1.2 Należy zapewnić odpowiednią wytrzymałość poprzeczną i sztywność nadbudówek i pokładówek poprzez stosowanie grodzi poprzecznych lub konstrukcji ramowych w odstępach nie większych niż 10 m.

10.2.1.3 Jeżeli ściany boczne nadbudówki pokrywają się z burtami statku, poszycie ścian bocznych powinno być poprowadzone poza ścianę końcową nadbudówki i przechodzić łagodnie w mocnicę burtową. Przejście to nie powinno mieć lokalnych nieciągłości. Na swobodnej krawędzi lub poniżej niej, w odległości nie większej niż 50 mm od krawędzi przedłużonego poszycia ścian bocznych nadbudówki, należy zastosować mocne usztywnienie. Przedłużone poszycie nadbudówki powinno być odpowiednio usztywnione.

W zasadzie nie należy wykonywać otworów w przedłużonym poszyciu nadbudówki. Nie powinno ono być połączone z nadburciem.

10.2.1.4 Otwory w bocznych ścianach długich pokładówek powinny mieć odpowiednio zaokrąglone naroża. Wzdłuż górnej i dolnej krawędzi otworów na okna należy zastosować poziome usztywnienia.

Otwory na drzwi w ścianach bocznych powinny być usztywnione wzdłuż krawędzi. Płyty poszycia poniżej i powyżej drzwi powinny być ciągłe i mieć zwiększone grubości.

10.2.1.5 Pole przekroju spoin łączących naroża pokładówki z poszyciem pokładu powinno być zwiększone w stosunku do normalnie wymaganego.

Zakończenia bocznych ścian zewnętrznych długich pokładówek położonych na pokładzie wytrzymałościowym należy łączyć ze ścianami końcowymi (dziobową lub rufową) zaokrągleniem o promieniu obliczonym wg wzoru:

$$R = 0,02l_p \quad (10.2.1.5)$$

l_p – długość pokładówki [m].

Przyjęta wartość promienia R nie musi jednak być większa niż 1,4 m.

10.2.1.6 Jeżeli boczne ściany długich pokładówek nie leżą w płaszczyźnie wzdłużnych grodzi lub wiązarów, lecz są podparte przez pokładniki, to w płaszczyźnie ścian bocznych należy zastosować wzdłużniki pokładowe. Wzdłużniki powinny być przedłużone na długości trzech odstępów wręgowych w kierunku dziobu i rufy poza ściany końcowe pokładówki. Wysokość wzdłużników powinna być nie mniejsza od wysokości pokładników zwiększonej o 100 mm, a na końcach może być równa wysokości pokładników.

10.2.1.7 Pokładniki pod dziobowymi i rufowymi ścianami końcowymi pokładówek nie powinny mieć podkrojów w rejonie naroża pokładówki.

10.2.2 Wymagania dodatkowe

10.2.2.1 Zejściówki usytuowane na nieosłoniętych pokładach powinny być dostatecznie usztywnione, zgodnie z wymaganiami dla pokładówek.

10.2.2.2 Należy przewidzieć niezbędne wzmocnienia ścian i pokładu pokładówek w miejscu ustawienia łodzi ratunkowych, żurawików łodziowych, masztów, wciągarek oraz w innych miejscach, gdzie występują znaczne obciążenia miejscowe.

10.2.2.3 Elastyczne posadowienie nadbudówek i pokładówek podlega odrębnemu rozpatrzeniu przez PRS

10.3 Wymiarowanie wiązań

10.3.1 Poszycie ścian

10.3.1.1 Grubość poszycia nieosłoniętych końcowych ścian nadbudówek i pokładówek oraz bocznych ścian pokładówek, wynikająca z działania obciążeń poprzecznych, powinna być nie mniejsza niż grubość obliczona wg wzoru:

$$t = 18k_a s \sqrt{\frac{p}{\sigma}} \quad [\text{mm}] \quad (10.3.1.1)$$

k_a – określić jak w 13.4.2.1;

p – patrz 10.4;

σ = 160k [MPa].

10.3.1.2 Ostatecznie przyjęta grubość poszycia ścian nadbudówek i pokładówek powinna być nie mniejsza niż:

- dla dolnej kondygnacji:

$$t = 5 + 0,01L_0 \text{ [mm]} \quad (10.3.1.2-1)$$

ale nie musi być większa niż 8 mm;

- dla pozostałych kondygnacji:

$$t = 4 + 0,01L_0 \text{ [mm]} \quad (10.3.1.2-2)$$

lecz nie mniejsza niż 5 mm; t nie musi przekraczać 7 mm.

Dla statków o $L_0 < 65$ [m] minimalna grubość poszycia powinna być następująca:

- dla najniższej części nieosłoniętej ściany czołowej:

$$t = 5 \text{ [mm]} \quad (10.3.1.2-3)$$

- dla pozostałych przypadków:

$$t = 4 \text{ [mm]} \quad (10.3.1.2-4)$$

10.3.1.3 Grubość poszycia ścian bocznych pokładówek nie musi być większa od grubości wymaganej dla nadbudówek w tym samym rejonie.

10.3.2 Usztywnienia ścian

10.3.2.1 Wskaźnik przekroju usztywnień końcowych ścian nadbudówek i pokładówek oraz bocznych ścian pokładówek powinien być nie mniejszy niż wskaźnik:

$$W = \frac{100l^2sp}{\sigma} \text{ [cm}^3\text{]} \quad (10.3.2.1)$$

p – patrz 10.4;

$\sigma = 160k$ [MPa] – ogólnie dla usztywnień wzdłużnych i pionowych,

$\sigma = 90k$ [MPa] – dla wzdłużnych usztywnień bocznych ścian długich pokładówek przy pokładzie wytrzymałościowym w środkowej części statku; naprężenia te można liniowo zwiększać do wartości $160k$ przy pokładzie pierwszej kondygnacji oraz po długości – w skrajnych częściach statku.

l, s – patrz 10.1.3.

10.3.2.2 Wymiary usztywnień ścian bocznych nadbudówek nie muszą być większe niż wymiary wymagane dla wręgów między pokładami z równoważnym połączeniem końców usztywnień.

10.3.2.3 Usztywnienia końcowych ścian dziobowych powinny być doprowadzone do pokładu na obu końcach, przy czym pole przekroju połączenia powinno być nie mniejsze niż pole:

$$A_p = \frac{0,07lsp}{k} \text{ [cm}^2\text{]} \quad (10.3.2.3)$$

p – patrz 10.4;

l, s – patrz 10.1.3.

Końce usztywnień ścian bocznych i rufowych najniższej kondygnacji powinny być zakończone węzłówkami lub przyspawane do pokładów.

10.3.3 Szyby

10.3.3.1 Grubość poszycia szybów osłoniętych powinna być nie mniejsza niż grubość spełniająca zależności:

- w rejonie ładowni:

$$t = 8,5s, \text{ lecz } t \geq 6 \text{ [mm]} \quad (10.3.3.1-1)$$

- w rejonie pomieszczeń mieszkalnych:

$$t = 6,5s, \text{ lecz } t \geq 5 \text{ [mm]}. \quad (10.3.3.1-2)$$

10.3.3.2 Wskaźnik przekroju usztywnień powinien być nie mniejszy niż wskaźnik obliczony wg wzoru:

$$W = 3l^2s \text{ [cm}^3\text{]} \quad (10.3.3.2)$$

l – długość usztywnień; należy przyjmować $l \geq 2,5$ [m],

s – odstęp usztywnień [m].

10.3.3.3 Szyby podpierające jeden lub więcej pokładów powinny być odpowiednio wzmocnione, a wymiary usztywnień powinny odpowiadać wymaganiom podrozdziału 13.7.3.

10.3.4 Nadbudowy ze stopów aluminium

10.3.4.1 Konstrukcje nadbudówek i pokładówek ze stopów aluminium powinny mieć wytrzymałość równą wytrzymałości konstrukcji stalowych. Połączenia konstrukcji stalowych ze stopem aluminium należy wykonać zgodnie z wymaganiami podrozdziału 4.4.

10.3.4.2 Szyby maszynowo-kotłowe oraz pokłady pomieszczeń mieszkalnych i służbowych położonych nad przedziałem maszynowym i ładowniami powinny być stalowe.

10.4 Obliczeniowe obciążenia ścian

10.4.1 Wywołane przez środowisko morskie ciśnienie zewnętrzne p , działające na nieosłonięte końcowe ściany nadbudówek i pokładówek oraz boczne ściany pokładówek, należy określać według wymagań rozdziału 16.

10.4.2 Ciśnienie p , przyjmowane do obliczeń konstrukcji dziobowych ścian dolnej kondygnacji nadbudówek i pokładówek, powinno być nie mniejsze niż ciśnienie obliczone wg wzoru:

$$p = 12,5 + 0,05L_1p \text{ [kPa]} \quad (10.4.2-1)$$

Ciśnienie p , przyjmowane dla pozostałych kondygnacji, powinno być nie mniejsze niż ciśnienie obliczone wg wzoru:

$$p = 6,25 + 0,025L_1 \text{ [kPa]} \quad (10.4.2-2)$$

$L_1 = L_0$, lecz nie więcej niż 250 m.

10.4.3 Przyjęte do obliczeń ciśnienie działające na nieosłonięte ściany boczne pokładówek powinno być nie mniejsze niż ciśnienie obliczone wg wzoru 10.4.2-2.

10.4.4 Przyjęte do obliczeń ciśnienie działające na nieosłonięte ściany rufowe nadbudówek i pokładówek powinno być nie mniejsze niż ciśnienie obliczone wg wzoru 10.4.2-2.

10.5 Nadburcia

10.5.1 Wymagania ogólne

10.5.1.1 Wymagania dotyczące usytuowania i wysokości nadburć zawarte są w *Części III – Wyposażenie kadłubowe*, w podrozdziałach 9.5 i 14.6.

10.5.1.2 Na statkach o długości $L_0 > 90$ m konstrukcja nadburcia powinna być taka, aby nie brało ono udziału w ogólnym zginaniu kadłuba.

10.5.1.3 Jeżeli nadburcie jest na pewnym odcinku przyspawane do mocnicy burtowej, to należy zachować płynne przejście o promieniu co najmniej 100 mm pomiędzy mocnicą a płytą nadburcia.

10.5.1.4 Należy zapewnić dostateczne środki odprowadzenia wody z pokładów, szczególnie w rejonach, gdzie nadburcia lub nadbudowy tworzą studnie.

10.5.2 Grubość płyt

10.5.2.1 Grubość płyt nadburcia o przepisowej wysokości zasadniczo powinna być nie mniejsza niż grubość obliczona wg wzoru:

$$t = 0,065L_0 + 1,75 \text{ [mm]} \text{ dla } L_0 \leq 60 \text{ m} \quad (10.5.2.1-1)$$

$$t = 0,025L_0 + 4,00 \text{ [mm]} \text{ dla } L_0 > 60 \text{ m} \quad (10.5.2.1-2)$$

Zastosowana grubość nadburcia powinna być nie mniejsza niż 3 mm, ale nie musi być większa niż 8 mm i nie musi być większa od wymaganej grubości bocznych ścian nadbudówek.

10.5.2.2 W razie zastosowania nadburcia o wysokości 1,8 m lub większej, grubość płyt powinna odpowiadać wymaganiom podanym w 10.3 dla bocznych ścian nadbudówek. Dla wysokości nadburcia większej od przepisowej, lecz nieprzekraczającej 1,8 m, grubości płyt można określać przez interpolację liniową.

10.5.2.3 Grubość nadburcia nadbudów położonych w rejonie o współrzędnej $x \leq 0,25L_0$ oraz nadbudów drugiej i wyższych kondygnacji, bez względu na rejon, można zmniejszyć o 1 mm.

10.5.3 Usztywnienia i poręcze

10.5.3.1 Górna krawędź nadburcia powinna być zakończona poręczą z odpowiednio mocnego kształtownika, o grubości co najmniej o 1 mm większej niż grubość poszycia nadburcia.

10.5.3.2 Dolna krawędź nadburcia w rejonie szczeliny między nim a mocnicą burtową powinna być wzmocniona poziomym usztywnieniem lub zagięciem.

10.5.4 Rozmieszczenie wsporników

10.5.4.1 Nadburcie należy wzmocnić wspornikami w odstępach nie większych niż 1,8 m. W dziobowej części statku o współrzędnych $x > 0,43L_0$ odstęp między wspornikami należy zmniejszyć do 1,2 m. W rejonach o znacznym rozchyleniu burt oraz na statkach przystosowanych do przewozu drewna na pokładzie odstęp między wsporników podlegają odrębnemu rozpatrzeniu przez PRS.

10.5.4.2 Wsporniki należy umieszczać w płaszczyźnie pokładników, węzłówek lub dodatkowych wzmocnień pokładu.

10.5.5 Wymiarowanie i konstrukcja wsporników

10.5.5.1 Szerokość dolnego końca wspornika nadburcia o wysokości 1 m, mierzona wzdłuż połączenia z pokładem, powinna być nie mniejsza niż szerokość obliczona wg wzoru:

$$b = (0,65L_0 + 190)\sqrt{s} \text{ [mm]} \quad (10.5.5.1)$$

ale nie musi przekraczać 360 mm;

s – odstęp wsporników [m]; w części dziobowej oraz na statkach przewożących ładunki na pokładzie do obliczeń należy przyjmować $s = 1,8$ m, niezależnie od rzeczywistego odstępu.

Poza rejonem dziobu wartość b można zmniejszyć o 20%, jeżeli nadburcie przyspawano do mocnicy burtowej. Dla nadburcia o wysokości większej niż 1 m szerokość b należy zwiększyć proporcjonalnie do wysokości nadburcia.

10.5.5.2 Grubość wsporników powinna być o 1 mm większa od grubości poszycia nadburcia.

10.5.5.3 Wsporniki powinny mieć zagięcie lub przyspawany na swobodnej krawędzi płaskownik o szerokości nie mniejszej niż 60 mm, lecz nie większej niż 90 mm. Zagięcia (płaskownika) oraz usztywnień wzmocniających dolną krawędź płyty nadburcia nie należy spawać do pokładu.

10.5.5.4 Otwory ulżeniowe we wspornikach powinny być nie większe niż połowa szerokości wspornika w danym przekroju.

10.5.5.5 Wsporniki w rejonie otworów na przejścia w nadburciu powinny mieć grubość o 25% większą od grubości nadburcia. W obrębie kluz, przewłok i miejsc mocowania zaczepów olinowania mogą być wymagane dodatkowe wzmocnienia nadburcia.

10.5.5.6 Wsporniki należy spawać z poręczą, nadburciem i pokładem. Spawanie do pokładu należy wykonać obustronną spoiną ciągłą. Należy przewidzieć odpowiednie otwory dla spływu wody wzdłuż pokładu.

11 DZIOWNICA I TYLNICA

11.1 Zasady ogólne

11.1.1 Zastosowanie

Wymagania niniejszego rozdziału dotyczą konstrukcji, kształtu i wymiarów dziobnicy i tylnicy wraz z dyszą nieobrotową i wspornikiem steru półpodwieszonoego. Konstrukcja, wymiary i zamocowanie wsporników wałów podlegają odrębnemu rozpatrzeniu przez PRS.

11.1.2 Wymagania ogólne

11.1.2.1 Staliwne odlewy dziobnicy lub tylnicy powinny mieć proste kształty i odpowiednio duże promienie odlewnicze.

11.1.2.2 Konstrukcja spawana (odlew staliwny) dziobnicy lub tylnicy powinna być wzmocniona poprzecznymi węzłówkami (żebami w odlewach).

11.1.2.3 Grubość płyt (grubość krawędzi odlewu) w rejonie połączeń z konstrukcją kadłuba należy zmniejszyć do grubości elementów, do których dziobnica lub tylnica będzie spawana.

11.2 Dziobnica

11.2.1 Konstrukcja

11.2.1.1 Płyty dziobnicy należy wzmocnić poprzecznymi węzłówkami, umieszczonymi w odstępach nie większych niż 1 m w rejonie poniżej letniej wodnicy ładunkowej i nie większych niż 1,5 m w rejonie powyżej tej wodnicy. W konstrukcji dziobnicy należy przewidzieć wzmocnienie wzdłużne w płaszczyźnie symetrii dla połączenia z dennym wzdłużnikiem środkowym.

11.2.1.2 Przy zmniejszeniu wymaganego w 11.2.1.1 odstępu węzłówek o 0,5 m można zmniejszyć grubość płyt dziobnicy o 20% w stosunku do grubości podanych poniżej, z tym jednak, że grubość ta nie powinna być mniejsza od grubości przylegających do dziobnicy płyt poszycia kadłuba. Węzłówki powinny przechodzić poza połączenia dziobnicy z poszyciem kadłuba i powinny być spawane do najbliższych wręgów, a ich grubość powinna być równa grubości poszycia kadłuba.

11.2.1.3 Jeżeli promień gięcia płyt dziobnicy na poziomie letniej wodnicy ładunkowej jest większy niż 200 mm, to w płaszczyźnie symetrii statku od stępki do poziomu $0,15T$ ponad letnią wodnicę ładunkową należy zastosować usztywnienia z mocnikiem wzdłuż swobodnej krawędzi. Grubość usztywnienia i mocnika powinna być nie mniejsza niż grubość węzłówek poprzecznych.

11.2.1.4 Jeżeli promień zaokrąglenia dziobu jest duży, konstrukcja dziobnicy podlega odrębnemu rozpatrzeniu przez PRS.

11.2.2 Wymiarowanie

11.2.2.1 Wymiary poprzecznego przekroju dziobnicy belkowej na odcinku między stępką a letnią wodnicą ładunkową powinny być nie mniejsze niż wymiary obliczone wg wzorów:

– długość: $l = 1,2L_0 + 95$ [mm] dla $L_0 < 120$ m (11.2.2.1-1)

$l = 0,75L_0 + 150$ [mm] dla $L_0 \geq 120$ m (11.2.2.1-2)

– szerokość: $b = 0,4L_0 + 15$ [mm] (11.2.2.1-3)

lecz nie większa niż 100 mm.

Od poziomu letniej wodnicy ładunkowej w górę powierzchnia przekroju dziobnicy może zmniejszać się stopniowo do 70% wartości odpowiadającej wymiarom określonym wyżej.

11.2.2.2 Dziobnica konstrukcji spawanej powinna składać się z płyt o grubości obliczonej wg wzoru:

$$t = 0,105L_0 + 4 \quad [\text{mm}] \quad (11.2.2.2)$$

lecz nie mniejszej niż 7 mm.

Przy $\frac{T}{L_0} \geq 0,065$ grubość płyty dziobnicy spawanej należy ustalić mnożąc otrzymaną z powyższego wzoru wartość przez współczynnik:

$$\left(0,35 + 10 \frac{T}{L_0}\right)$$

Ponadto przyjęta grubość płyt w każdym przypadku powinna być nie mniejsza niż grubość stępki płaskiej w miejscu jej zetknięcia się z dziobnicą. Powyżej letniej wodnicy ładunkowej grubość tych płyt może się stopniowo zmniejszać, dochodząc do grubości poszycia burt w końcowych częściach statku.

11.2.2.3 Zaleca się, aby długość przekroju poprzecznego dziobnicy spawanej była nie mniejsza od podwójnej długości przekroju poprzecznego dziobnicy belkowej wymaganej w 11.2.2.1.

11.2.3 Gruszka dziobowa

11.2.3.1 Konstrukcję gruszki należy wzmocnić należyście usztywnionymi, poziomymi platformami w odstępach nie większych niż 2 m.

11.2.3.2 Jeżeli długość gruszki, mierzona od pionu dziobowego w kierunku dziobu, jest większa niż $0,03L_0$, to w płaszczyźnie symetrii należy zastosować niewodoszczelną przegrodę. Jeżeli długość gruszki jest mniejsza od wyżej określonej, to przegrodę można zastąpić wiązaniem ramowym.

11.2.3.3 Niezależnie od spełnienia wymagań rozdziału 6 i 7 w zakresie grubości poszycia dna i burt, grubość poszycia gruszki powinna być nie mniejsza niż grubość obliczona wg wzoru:

$$t = 0,08L_0 + 6 \quad [\text{mm}] \quad (11.2.3.3)$$

ale nie musi być większa niż 25 mm.

11.2.3.4 Kształt części dziobowej kadłuba powinien zapewniać swobodne rzucenie kotwicy obok gruszki przy przechylenie statku o 5° na przeciwną burtę. W obrębie, gdzie możliwe jest uderzenie kotwicą, należy zastosować dodatkowe wzmocnienia.

11.3 Tylnica

11.3.1 Konstrukcja

11.3.1.1 Tylnica powinna być efektywnie związana z przyległą konstrukcją kadłuba. W tym celu powinna być wzmocniona poprzecznymi węzłówkami (żebami).

11.3.1.2 Większe ramiona śrubowe odlewanych tylnic można wykonywać z części; należy przy tym zachować odpowiednią wytrzymałość połączeń poszczególnych części tylnicy. Można stosować spawaną konstrukcję ramion śrubowych złożoną z odpowiednich kształtowników stalowych i przyspawanych do nich płyt.

11.3.1.3 Stopę tylnicy należy przedłużyć w kierunku dziobu o co najmniej dwa odstępy wręgowe od dziobowej krawędzi piasty śruby napędowej. Przekrój poprzeczny tej przedłużonej części tylnicy może być stopniowo zmniejszany do wielkości niezbędnej dla odpowiedniego połączenia stopy tylnicy ze stępką płaską.

Dolna krawędź stopy tylnicy powinna być podniesiona w celu uniknięcia nacisku od bloków stępkowych podczas dokowania statku.

11.3.2 Wymiarowanie

11.3.2.1 Jeżeli wymiarowanie tylnicy oparte jest na analizie naprężeń, to ich wartości powinny być nie większe niż:

- naprężenia normalne: $\sigma = 80k$ [MPa],
- naprężenia styczne: $\tau = 50k$ [MPa],
- naprężenia zredukowane: $\sigma_{zr} = 125k$ [MPa].

11.3.2.2 Grubość piasty tylnicy powinna być nie mniejsza niż grubość obliczona wg wzoru:

$$t = 5\sqrt{d_p - 60} \quad [\text{mm}] \quad (11.3.2.2)$$

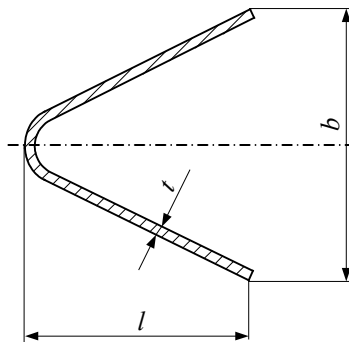
d_p – przepisowa średnica wału śrubowego, [mm], obliczana według wymagań podrozdziału 2.5.1 z Części VI – *Urządzenia maszynowe i urządzenia chłodnicze*.

11.3.2.3 Wymiary spawanego ramienia śrubowego powinny być nie mniejsze niż wymiary obliczone wg wzorów (patrz rys. 11.3.2.3):

$$l = 53\sqrt{L_0} \quad [\text{mm}] \quad (11.3.2.3-1)$$

$$b = 37\sqrt{L_0} \quad [\text{mm}] \quad (11.3.2.3-2)$$

$$t = 2,4\sqrt{\frac{L_0}{k}} \quad [\text{mm}] \quad (11.3.2.3-3)$$



Rys. 11.3.2.3. Ramię śrubowe tylnicy spawanej

Jeżeli przyjęty przekrój różni się od przekroju pokazanego na rys. 11.3.2.3, to wskaźnik przekroju względem osi wzdłużnej powinien być nie mniejszy niż wskaźnik obliczony wg wzoru:

$$W_s = \frac{1,35L_0\sqrt{L_0}}{k} \quad [\text{cm}^3] \quad (11.3.2.3-4)$$

11.3.2.4 Wymiary stalowego ramienia śrubowego powinny być nie mniejsze niż wymiary obliczone wg wzorów (patrz rys. 11.3.2.4):

$$l = 40\sqrt{L_0} \quad [\text{mm}] \quad (11.3.2.4-1)$$

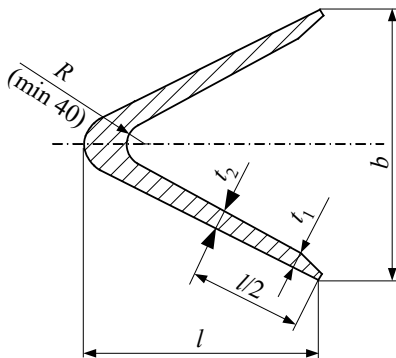
$$b = 30\sqrt{L_0} \quad [\text{mm}] \quad (11.3.2.4-2)$$

$$t_1 = 3\sqrt{\frac{L_0}{k}} \quad [\text{mm}] \quad (11.3.2.4-3)$$

$$t_2 = 3,7 \sqrt{\frac{L_0}{k}} \text{ [mm]} \quad (11.3.2.4-4)$$

Jeżeli przyjęty przekrój różni się od przekroju pokazanego na rys. 11.3.2.4, to wskaźnik przekroju względem wzdłużnej osi obojętnej powinien być nie mniejszy niż wskaźnik obliczony wg wzoru:

$$W_s = \frac{1,3L_0\sqrt{L_0}}{k} \text{ [cm}^3\text{]} \quad (11.3.2.4-5)$$



Rys. 11.3.2.4. Ramię śrubowe tylnicy stalowej

Przy wyznaczaniu wskaźnika przekroju ramienia śrubowego można uwzględnić przyległe poszycie o szerokości do $53\sqrt{L_0}$ [mm], mierząc od rufowej krawędzi ramienia śrubowego. Dotyczy to również spawanego ramienia śrubowego.

11.3.2.5 W żadnym miejscu wskaźnik przekroju poprzecznego stopy tylnicy względem pionowej osi obojętnej nie powinien być mniejszy od wskaźnika obliczonego wg wzoru:

$$W_z = \frac{M_2}{80k} \text{ [cm}^3\text{]} \quad (11.3.2.5)$$

M_2 – moment zginający w rozpatrywanej sekcji – patrz Rys. 2.2.4.2.1 Część III – Wyposażenie kadłubowe, [Nm], gdzie $M_{2max} = R_1 l_{50}$;

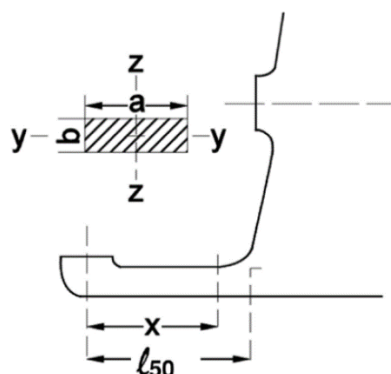
x – odległość od przekroju y-y do osi trzonu sterowego [m];

$x_{min} = 0,5l_{50}$; $x_{max} = l_{50}$;

l_{50} – patrz rys. 11.3.2.5;

R_1 – siła podpierająca działająca w łożysku czopa [N], przyjmowana zwykle jako $R_1 = F/2$ – patrz Rys. 2.2.4.2.1 Część III – Wyposażenie kadłubowe;

F – umowna wartość siły działającej na płetwę steru [N], określana zgodnie z punktem 2.2.2.1 z Części III – Wyposażenie kadłubowe.



Rys. 11.3.2.5. Stopa tylnicy

11.3.2.6 W żadnym miejscu wskaźnik przekroju poprzecznego stopy tylnicy względem poziomej osi obojętnej nie powinien być mniejszy od wskaźnika obliczonego wg wzoru:

$$W_y = 0.5W_z \quad [\text{cm}^3] \quad (11.3.2.6)$$

11.3.2.7 W żadnym miejscu pole przekroju poprzecznego stopy tylnicy nie powinno być mniejsze od pola obliczonego wg wzoru:

$$A_s = \frac{R_1}{4800k} \quad [\text{cm}^2] \quad (11.3.2.7)$$

R_1 – patrz 11.3.2.5.

11.3.2.8 W żadnym przekroju stopy tylnicy naprężenie zredukowane nie może przekroczyć wartości $115k$ [MPa].

11.3.2.9 Naprężenia zredukowane należy obliczać wg wzorów:

$$\sigma_z = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} \quad [\text{MPa}] \quad (11.3.2.9-1)$$

$$\sigma = \frac{M_z}{W_z(x)} \quad [\text{MPa}] \quad (11.3.2.9-2)$$

$$\tau = \frac{R_1}{100 \cdot A_s} \quad [\text{MPa}] \quad (11.3.2.9-3)$$

σ_z – naprężenia zredukowane [MPa],

σ – naprężenie normalne [MPa],

τ – naprężenia styczne [MPa],

R_1, x, W_z – patrz 11.3.2.5,

A_s – patrz 11.3.2.7.

11.3.3 Wspornik steru półpodwieszonoego

11.3.3.1 Wspornik steru powinien być efektywnie związany z przyległą konstrukcją kadłuba. W przypadku gdy połączenie między wspornikiem steru a konstrukcją kadłuba zaprojektowano jako zakrzywione przejście w poszycie kadłuba, należy rozpatrzyć szczególnie skuteczność giętną płyty wspornika oraz naprężenia w płytach środników poprzecznych.

Momenty gnące i siły tnące należy określić metodą obliczeń bezpośrednich lub zgodnie z wytycznymi podanymi w punktach 11.3.4 i 11.3.5 odpowiednio dla steru półpodwieszonoego z jednym podparciem elastycznym lub steru półpodwieszonoego dwoma podparciami elastycznymi.

11.3.3.2 Wskaźnik wytrzymałości na zginanie poziomego przekroju wspornika steru, obliczony względem wzdłużnej osi obojętnej, powinien być nie mniejszy niż wskaźnik obliczony wg wzoru:

$$Z_x = \frac{M_b}{67k} \text{ [cm}^3\text{]} \quad (11.3.3.2)$$

M – moment gnący w rozpatrywanym przekroju [Nm].

11.3.3.3 W żadnym miejscu wspornika steru naprężenia styczne nie mogą być większe niż:

$$\tau = 48k \text{ [MPa]}.$$

11.3.3.4 W żadnym odcinku wysokości wspornika steru naprężenie zredukowane nie może przekroczyć wartości $\sigma_z = 120k$ [MPa].

11.3.3.5 Naprężenia zredukowane należy obliczać wg wzorów:

$$\sigma_z = \sqrt{\sigma_b^2 + 3(\tau^2 + \tau_T^2)} \text{ [MPa]} \quad (11.3.3.5-1)$$

$$\sigma_b = \frac{M_b}{Z_x} \text{ [MPa]} \quad (11.3.3.5-2)$$

$$\tau = \frac{B_1}{A_h} \text{ [MPa]} \quad (11.3.3.5-3)$$

$$\tau = \frac{1000M_T}{2A_T t_h} \text{ [MPa]} \quad (11.3.3.5-4)$$

A_h – efektywny obszar styczny wspornika steru na ścinanie w kierunku osi y [cm²],

A_T – pole powierzchni przekroju poziomego wspornika steru zawartego w obrysie wspornika [mm²],

t_h – grubość poszycia wspornika steru [mm],

σ_b – naprężenia normalne [MPa],

σ_z – naprężenia zredukowane [MPa],

τ_T – naprężenia od skręcania [MPa],

τ – naprężenia od ścinania [MPa],

M_T – moment skręcający [Nm],

B_1 – siła podpierająca w łożysku czopa [N].

Przy obliczaniu rzeczywistego wskaźnika przekroju wspornika steru można uwzględnić całkowite pole poziomego przekroju elementów wspornika.

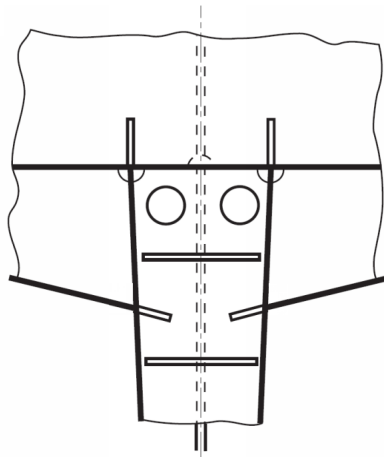
11.3.3.6 Grubość poszycia bocznego wspornika steru powinna być nie mniejsza niż:

$$t = 2,4 \sqrt{\frac{L_0}{k}} \text{ [mm]} \quad (11.3.3.6)$$

L_0 – patrz 1.2.2;

k – patrz 2.2.1.

11.3.3.7 Poszycie wspornika steru powinno być w sposób pewny połączone z konstrukcją rufy statku, np. poprzez połączenie tego poszycia z poszyciem burty oraz poprzecznymi/wzdłużnymi wiązarami w celu osiągnięcia właściwego przeniesienia sił, patrz rys. 11.3.3.7. Węzłówki lub wzdłużniki powinny być zamocowane wewnątrz poszycia zewnętrznego wspornika steru, jak to pokazano na rys. 11.3.3.7.



Rys. 11.3.3.7. Połączenie wspornika steru z konstrukcją rufy statku

Wystarczająca liczba poprzecznych środników wspornika steru powinna być wprowadzona do kadłuba aż do następnego pokładu.

Wzmocnione denniki pełne należy zamocować w jednej linii z poprzecznymi środnikami w celu osiągnięcia wystarczającego połączenia z kadłubem.

Usytuowana w płaszczyźnie symetrii gródź (gródź przelewowa) w skrajniku rufowym powinna być połączona z wspornikiem steru.

Należy unikać podkrojów w rejonie połączenia poprzecznych środników z poszyciem kadłuba.

Spoina w miejscu połączenia poszycia wspornika steru z poszyciem burty powinna być wykonana z pełnym przetopem. Promień spoiny powinien być jak największy i może być uzyskany przez szlifowanie.

11.3.3.8 Jeżeli połączenie wspornika steru z konstrukcją kadłuba jest zaprojektowane jako płynne przejście poszycia wspornika w poszycie kadłuba (strefa przejściowa), to dla przekroju znajdującego się w odległości $0,7r$ nad dolną granicą strefy przejściowej (patrz rys. 11.3.3.8) udział pionowych poprzecznych przegród konstrukcji wspornika we wskaźniku przekroju określonym według 11.3.3.2 powinien spełniać warunek:

$$W_p = \frac{\sum_{i=1}^n b_i^3 t_i}{6000b_m} \geq 0,45W \quad (11.3.3.8)$$

n – liczba przegród we wsporniku,

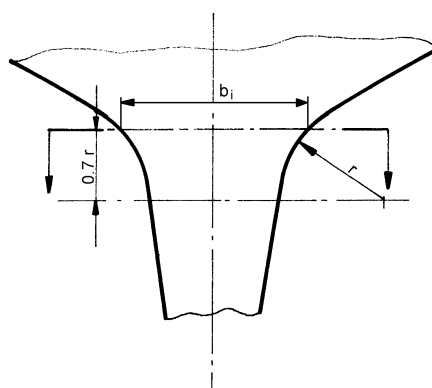
b_i – efektywna szerokość i -tej przegrody łącznie z obu grubościami poszycia w strefie przejściowej, stanowiącego pasy współpracujące przegrody [mm],

b_m – największa spośród szerokości przegród b_i [mm],

t_i – grubość i -tej przegrody [mm],

r – promień krzywizny strefy przejściowej,

W – patrz 11.3.3.2.



Rys. 11.3.3.8. Strefa przejściowa wspornika steru i kadłuba

11.3.3.9 Dolny koniec wspornika steru powinien być zamknięty przez poziomą płytę o grubości nie mniejszej niż grubość bocznego poszycia wspornika.

11.3.3.10 Całkowite pole powierzchni przekroju poziomego pionowych elementów wspornika steru przenoszących siły poprzeczne powinno być nie mniejsze niż pole obliczone wg wzoru:

$$A_w = c \frac{0,3F}{k} 10^{-3} \quad [\text{cm}^2] \quad (11.3.3.12)$$

$c = 1 + \frac{(A+A_0)A_0}{A^2}$ – przy górnym końcu wspornika,

$c = 1$ – przy dolnym końcu wspornika,

A – powierzchnia (rzut boczny) płetwy steru [m^2],

A_0 – powierzchnia (rzut boczny) wspornika [m^2],

F – jak w 11.3.2.5.

11.3.3.11 Grubość pionowych poprzecznych przegród we wsporniku znajdujących się w strefie przejściowej powinna być nie mniejsza niż:

$$t_r = \frac{bt_c}{r} \quad [\text{mm}] \quad (11.3.3.13)$$

b – szerokość zakrzywionej płyty poszycia kadłuba w strefie przejściowej, podpartej przez rozpatrywaną przegrodę [mm],

t_c – grubość zakrzywionej płyty poszycia kadłuba w strefie przejściowej, podpartej przez rozpatrywaną przegrodę [mm],

r – promień krzywizny strefy przejściowej, [mm].

11.3.4 Wspornik steru półpodwieszony z jednym podparciem elastycznym

11.3.4.1 Jeżeli nie zostaną wykonane bezpośrednie obliczenia, momenty M_I , M_T and Q można obliczyć jak niżej:

Moment zginający:

$$M_1 = R_1 z \quad [\text{Nm}] \quad (11.3.4.1-1)$$

$$M_{1max} = R_1 d \quad [\text{Nm}] \quad (11.3.4.1-2)$$

Siła tnąca:

$$Q = R_1 \quad [\text{N}] \quad (11.3.4.1-3)$$

Moment skręcający:

$$M_T(z) = R_1 e(z) \quad [\text{Nm}] \quad (11.3.4.1-4)$$

B_1 – należy przyjąć z obliczeń trzonu sterowego, patrz rys. 2.2.4.4.1-1, *Część III – Wyposażenie kadłubowe*

z, d, l_{20}, l_{30} – patrz rys. 2.2.4.4.1-1 [m], *Część III – Wyposażenie kadłubowe*

Szacunkowa wartość R_1 wynosi:

$$R_1 = \frac{Fb}{(l_{20}+l_{30})} \text{ [N]} \quad (11.3.4.1-5)$$

F – założona siła działająca na płetwę steru [N], patrz 2.3.3.1, *Część III – Wyposażenie kadłubowe*.

Pozostałe obliczenia zgodnie z 11.3.3.

11.3.5 Wspornik steru półpodwieszony z dwoma podparciami elastycznymi

11.3.5.1 Moment zginający wspornik steru

Jeżeli nie zostaną wykonane bezpośrednie obliczenia, moment zginający działający w danym przekroju wspornika steru, w [Nm], należy obliczać korzystając ze wzorów:

– między dolną i górną podporą wspornika steru:

$$M_H = F_{A1}z \text{ [Nm]} \quad (11.3.5.1-1)$$

– powyżej górnej podpory wspornika steru:

$$M_H = F_{A1}z + F_{A2}[z - (d - \lambda)] \text{ [Nm]} \quad (11.3.5.1-2)$$

gdzie:

F_{A1} – siła na dolnej podporze wspornika steru wyznaczona zgodnie z rys. 2.2.4.4.1-2 *Część III – Wyposażenie kadłubowe*, przyjmuje się jako równą B_1 [N];

F_{A2} – siła na górnej podporze wspornika steru wyznaczona zgodnie z rys. 2.2.4.4.1-2 *Część III – Wyposażenie kadłubowe*, przyjmuje się jako równą B_2 [N];

z – odległość określona na rys. 2.2.4.4.1-2 *Część III – Wyposażenie kadłubowe*, należy przyjąć wartość mniejszą niż odległość d , w [m], określona na tym samym rysunku [m];

B_1, B_2 – poziome siły podparcia odpowiednio w dolnym i górnym łożysku [kN];

d, λ – odległość pomiędzy dolnym i górnym łożyskiem wspornika steru, patrz rys. 2.2.4.4.1-2 *Część III – Wyposażenie kadłubowe* [m].

11.3.5.2 Siła tnąca we wsporniku steru

Siłę tnącą Q_H , działającą w dowolnym przekroju wspornika steru, należy wyznaczyć ze wzorów:

– między dolnym i górnym łożyskiem wspornika steru:

$$Q_H = F_{A1} \text{ [N]} \quad (11.3.5.2-1)$$

– powyżej górnego łożyska wspornika steru:

$$Q_H = F_{A1} + F_{A2} \text{ [N]} \quad (11.3.5.2-2)$$

gdzie:

F_{A1}, F_{A2} – siły na podporach [N].

Moment skręcający w dowolnym przekroju wspornika steru, w [Nm] należy wyznaczyć z poniższych wzorów:

– między dolnym i górnym łożyskiem wspornika steru:

$$M_T = F_{A1}e_{(z)} \text{ [Nm]} \quad (11.3.5.2-3)$$

– powyżej górnego łożyska wspornika steru:

$$M_T = F_{A1}e_{(z)} + F_{A2}e_{(z)} \text{ [Nm]} \quad (11.3.5.2-4)$$

gdzie:



F_{A1}, F_{A2} – siły na podporach [N];

$e_{(z)}$ – ramię skracające określone w 11.3.5.4 [m].

11.3.5.3 Obliczenia naprężeń stycznych we wsporniku steru

W dowolnym przekroju wspornika steru, między dolnym i górnym łożyskiem, należy obliczyć następujące naprężenia:

τ_s – naprężenia tnące należy wyznaczyć korzystając ze wzoru:

$$\tau_s = \frac{F_{A1}}{A_H} \text{ [MPa]} \quad (11.3.5.3-1)$$

τ_T – naprężenia skręcające dla rurowego wspornika steru należy wyznaczyć korzystając ze wzoru:

$$\tau_T = \frac{M_T 10^{-3}}{2A_s t_H} \text{ MPa} \quad (11.3.5.3-2)$$

M_T – moment skręcający [Nm].

W przypadku pełnego wspornika steru, naprężenia skręcające τ_T podlegają odrębnemu rozpatrzeniu przez PRS.

W dowolnym przekroju wspornika steru powyżej górnego łożyska należy obliczyć następujące naprężenia:

τ_s – naprężenia tnące należy wyznaczyć korzystając ze wzoru:

$$\tau_s = \frac{F_{A1} + F_{A2}}{A_H} \text{ [MPa]} \quad (11.3.5.3-3)$$

τ_T – naprężenia skręcające dla rurowego wspornika steru należy wyznaczyć korzystając ze wzoru:

$$\tau_T = \frac{M_T 10^{-3}}{2A_s t_H} \text{ [MPa]} \quad (11.3.5.3-4)$$

W przypadku pełnego wspornika steru, naprężenia skręcające τ_T podlegają odrębnemu rozpatrzeniu przez PRS, gdzie:

F_{A1}, F_{A2} – siły na podporach [N];

A_H – efektywna powierzchnia ścinanego przekroju wspornika steru, w [mm²] w kierunku osi y ;

M_T – moment skręcający [Nm];

A_s – średnia powierzchni ograniczonych zewnętrznym i wewnętrznym obrysem cienkościennego przekroju wspornika steru, w [m²];

t_H – grubość blachy wspornika steru [mm]. Dla danego przekroju wspornika, maksymalna wartość τ_T uzyskiwana jest jako minimalna wartość t_H .

W przypadku pełnego wspornika steru, naprężenia skręcające τ_s podlegają odrębnemu rozpatrzeniu przez PRS.

11.3.5.4 Wyznaczenie naprężeń zginających we wsporniku steru

Dla dowolnego przekroju wspornika steru na długości d należy wyznaczyć naprężenia zginające σ_B według wzoru:

$$\sigma_B = \frac{M_H}{W_x} \text{ [MPa]} \quad (11.3.5.4)$$

gdzie:

M_H – moment gnący w rozpatrywanym przekroju [Nm];

W_x – wskaźnik przekroju, w [cm³] względem osi x (patrz rys. 2.2.4.4.1-2 Część III – Wyposażenie kadłubowe).

11.4 Odległości śruby od kadłuba

11.4.1 Rufowa część kadłuba powinna być ukształtowana w taki sposób, aby zapewnić właściwy dopływ wody do śruby oraz zapewnić jak największą jednorodność pola prędkości strumienia nadążającego.

11.4.2 Dla śrub o przeciętnym stopniu kawitacji należy przyjmować podane niżej minimalne odległości (patrz rys. 11.4.2):

– statki jednośrubowe:

$$a \geq 0,2R_s \text{ [m];}$$

$$b \geq (0,7 - 0,04Z_s) \text{ [m];}$$

$$c \geq (0,48 - 0,02Z_s)R_s \text{ [m];}$$

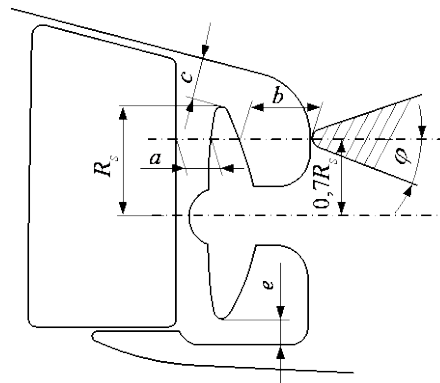
$$e \geq 0,07R_s \text{ [m];}$$

– statki dwuśrubowe:

$$c \geq (0,6 - 0,02Z_s)R_s \text{ [m];}$$

R_s – promień śruby [m];

Z_s – liczba skrzydeł śruby.



Rys. 11.4.2. Prześwit śruby

11.4.3 Promień zakończenia r i kąt φ zejścia wodnicy przed śrubą powinny być jak najmniejsze. Należy unikać prawie płaskich powierzchni kadłuba nad wierzchołkami śruby.

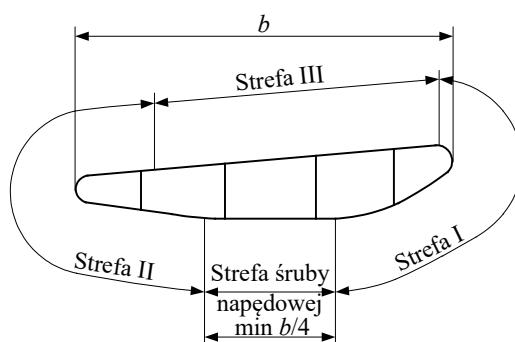
11.5 Dysze nieobrotowe

11.5.1 Zastosowanie

Niniejsze wymagania dotyczą nieobrotowej dyszy śruby napędowej o średnicy wewnętrznej nieprzekraczającej 4 m, wykonanej ze zwykłej stali kadłubowej. Zastosowanie innych materiałów podlega odrębnemu rozpatrzeniu przez PRS. Zastosowanie dysz o średnicy wewnętrznej większej niż 4 m podlega odrębnemu rozpatrzeniu przez PRS w oparciu o analizę drgań własnych.

11.5.2 Poszycie

11.5.2.1 Grubość poszycia dyszy w strefie śruby napędowej (patrz rys. 11.5.2.1) należy określać wg wzoru:



Rys. 11.5.2.1. Przekrój wzdłużny pierścienia dyszy

- jeżeli zastosowano stal charakteryzującą się podwyższoną odpornością na korozję

$$t = 3,5 + 2,5ns\sqrt{p} \quad [\text{mm}] \quad (11.5.2.1-1)$$

jednak nie mniej niż 10 mm;

- w pozostałych przypadkach:

$$t = 7 + 2,5ns\sqrt{p} \quad [\text{mm}] \quad (11.5.2.1-2)$$

jednak nie mniej niż 10 mm;

s – odstęp pierścieniowych wzmocnień dyszy [m]; do obliczeń należy przyjmować $s \geq 0,35$ m;

n – współczynnik krzywizny dyszy:

$$n = 1 - 0,14\frac{s}{l}\sqrt{d} \quad (11.5.2.1-3)$$

l – odstęp pomiędzy wzmocnieniami podłużnymi dyszy, mierzony na zewnętrznej powłoce dyszy [m];

d – średnica śruby [m];

p – ciśnienie na powierzchni poszycia dyszy:

$$p = 0,25\frac{N}{A}\left(1 - 0,001\frac{N}{A}\right) \quad [\text{kPa}] \quad (11.5.2.1-4)$$

N – moc na stożku wału śrubowego [kW].

$$A = \frac{\pi d^2}{4} \quad [\text{m}^2] \quad (11.5.2.1-5)$$

11.5.2.2 Długość strefy śruby napędowej powinna być nie mniejsza niż $0,25b$ (b – długość dyszy, patrz rys. 11.5.2.1).

11.5.2.3 Grubość poszycia dyszy w strefie I i II (patrz rys. 11.5.2.1) należy określać wg wzoru 11.5.2.1-2, przyjmując $0,5p$ ustalonego wg wzoru 11.5.2.1-4. Grubość poszycia dyszy w tych rejonach powinna być nie mniejsza niż 8 mm.

11.5.2.4 Grubość poszycia dyszy w strefie III (patrz rys. 11.5.2.1) należy określać wg wzoru 11.5.2.1-2, przyjmując $0,35p$ ustalonego wg wzoru 11.5.2.1-4.

11.5.2.5 Strefa II dyszy powinna obejmować na zewnętrznym poszyciu dyszy co najmniej jedno wzmocnienie pierścieniowe dyszy (patrz rys. 11.5.2.1).

11.5.2.6 Grubość pierścieniowych oraz wzdłużnych wzmocnień dyszy powinna być nie mniejsza niż $0,6t$ (t – obliczone wg 11.5.2.1), jednak nie mniejsza niż 8 mm.

11.5.2.7 Na statkach ze wzmocnieniami lodowymi poszycie dyszy powinno mieć grubość również nie mniejszą od wymaganej grubości poszycia kadłuba w tej części statku.

11.5.3 Wskaźnik wytrzymałości na zginanie przekroju wzdłużnego dyszy

Wskaźnik wytrzymałości na zginanie przekroju wzdłużnego dyszy, obliczony dla osi obojętnej równoległej do płaszczyzny symetrii statku, powinien być nie mniejszy niż wskaźnik obliczony wg wzorów:

$$W = 0,7bD^2v^2 \quad [\text{cm}^3] \quad (11.5.3-1)$$

$$W = 6DP \quad [\text{cm}^3] \quad (11.5.3-2)$$

b – długość dyszy (patrz rys. 11.5.2.1) [m];

D – średnica pierścienia mierzona do środka jego grubości [m];

v – prędkość statku w węzłach; jeżeli statek ma wzmocnienia lodowe, to przyjęta do obliczeń prędkość v powinna być nie mniejsza niż 14, 15, 16 lub 17 węzłów, odpowiednio dla wzmocnień **L3**, **L2**, **L1** lub **L1A**;

P – napór wody na powierzchnię dyszy;

$$P = 20 \frac{D^2}{T^2} bL_0\theta_A \quad [\text{kN}] \quad (11.5.3-3)$$

θ_A – amplituda kiwania wyrażona w radianach wg 17.3.2;

T – okres kołysań wzdłużnych statku [s], określany wg wzoru:

$$T = 1,8 \sqrt{\frac{L_0}{g}} \quad [\text{s}]$$

11.5.4 Spawanie

11.5.4.1 Pierścieniowe usztywnienia powinny być łączone z wewnętrznym poszyciem dyszy za pomocą dwustronnej ciągłej spoiny pachwinowej.

11.5.4.2 Pierścieniowe usztywnienia powinny być łączone z zewnętrznym poszyciem dyszy za pomocą spoiny ciągłej, jeżeli jest to możliwe. Spawanie otworowe może być dopuszczone do łączenia wszystkich usztywnień pierścieniowych z poszyciem zewnętrznym dyszy, jeżeli odstęp tych usztywnień nie przekracza 350 mm. W przeciwnym przypadku co najmniej dwa usztywnienia pierścieniowe powinny być łączone z zewnętrznym poszyciem dyszy za pomocą spoiny ciągłej.

11.5.5 Podparcie

11.5.5.1 Dysza powinna być podparta co najmniej w dwóch miejscach. Usztywnienia i poszycie konstrukcji podpierających powinny łączyć się z dyszą w miejscach rozmieszczenia usztywnień dyszy.

11.5.5.2 Wielkość wypadkowej siły poziomej działającej na powierzchnię boczną dyszy można obliczać wg wzoru:

$$P = 0,2bDv \quad [\text{kN}] \quad (11.5.5.2)$$

b, D, v – patrz 11.5.3.

Wielkość pionowego naporu wody na powierzchnię zewnętrzną dyszy, pochodzącego od kołysań wzdłużnych statku, można określać na podstawie wzoru 11.5.3-3.

11.5.5.3 W żadnym miejscu konstrukcji podpierającej dyszę nie powinny wystąpić naprężenia zredukowane większe aniżeli 100 MPa.

11.6 Koker trzonu sterowego

11.6.1 Materiały, spawanie i połączenie z kadłubem

Niniejsze wymaganie dotyczy obu konfiguracji kokera, który sięga poniżej tylnicy oraz są zaprojektowane w taki sposób, że koker poddany jest siłom związanym z działaniem steru. Koker trzonu sterowego powinien być wykonany ze stali spawalnej o zawartości węgla nieprzekraczającej 0,23%, określonej na podstawie analizy wytopowej i równoważniku węglowym C_{EQ} nieprzekraczającym 0,41%.

Materiały stosowane na poszycie kokera trzonu sterowego ogólnie nie powinny być niższej kategorii niż odpowiadające klasie II określonej w punkcie 2.2.1.3.

Spoina łącząca koker trzonu sterowego z poszyciem kadłuba lub spodem płetwy dennej powinna być wykonana z pełnym przetopem.

W przypadku wsporników steru otwartych w stronę morza, powyżej najwyższej położonej wodnicy należy zainstalować uszczelnienie lub dławnicę, aby zapobiegać wniknięciu wody do przedziału maszyny sterowej oraz wymyciu smaru z nośnika steru. Jeśli górna krawędź wspornika steru znajduje się poniżej wodnicy przy zanurzeniu obliczeniowym (bez przegłębienia), należy zainstalować dwie oddzielne uszczelki wodoszczelne/dławnice.

W przypadku wsporników steru wystających poniżej kadłuba lub płetwy dennej, promień przejścia r , w mm (patrz rys. 11.6.1-1) powinien być jak największy oraz spełniać następujący warunek:

$$r = 0,1d_c / k \text{ [mm]} \quad (11.6.1)$$

oraz nie mniejszy niż:

$$r = 60 \text{ [mm]} \quad \text{dla } \sigma \geq 40/k \text{ [MPa]}$$

$$r = 30 \text{ [mm]} \quad \text{dla } \sigma < 40/k \text{ [MPa]},$$

gdzie:

d_c – średnica osi trzona sterowego [mm];

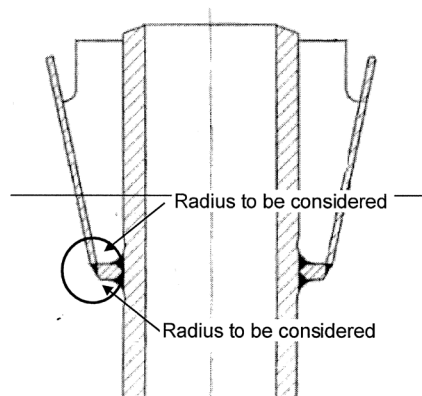
σ – naprężenia gnące w kokerze trzonu sterowego [MPa];

k – współczynnik materiałowy, patrz 2.1.5 w Części III – Wyposażenie kadłuba.

Promień może być uzyskany poprzez szlifowanie. Jeżeli zostanie wykonane szlifowanie tarczowe, należy usunąć rysy powstałe w kierunku spoiny. Dokładność uzyskanego promienia należy sprawdzić wzornikiem.

Należy sprawdzić co najmniej cztery profile, a raport należy przedstawić inspektorowi PRS.

Kokery trzonu sterowego, do wykonania których użyto innych materiałów niż stal, każdorazowo podlegają rozpatrzeniu przez PRS.



radius to be considered = rozpatrywany promień

Rys. 11.6.1-1. Promień przejścia

11.6.2 Wymiary

Wymiary kokera powinny być takie, aby:

- naprężenia zredukowane od zginania i ścinania nie przekraczały $0,35R_e$,
- naprężenia gnące w kokerze trzonu sterowego spełniały następujący warunek:

$$\sigma \leq 80/k \text{ [MPa]},$$

gdzie:

- σ – naprężenia gnące w kokerze trzonu sterowego [MPa];
- k – współczynnik materiałowy kokera określony według wzoru 2.1.5 w Części III – Wyposażenie kadłubowe;
- R_e – określona minimalna granica plastyczności zastosowanego materiału [MPa].

Do obliczeń naprężeń gnących, rozpiętość, którą należy uwzględnić, stanowi odległość od połowy wysokości łożyska trzonu sterowego do punktu połączenia kokeru trzonu sterowego z poszyciem kadłuba lub spodem płetwy dennej.

11.6.3 Reakcje w kokerze trzonu sterowego

Reakcję w kokerze sterowym na wysokości dolnego łożyska należy obliczyć zgodnie ze wzorem 2.2.4.3.2-5, w Części III – Wyposażenie kadłubowe.

12 FUNDAMENTY

12.1 Zasady ogólne

12.1.1 Zastosowanie

Wymagania niniejszego rozdziału dotyczą konstrukcji fundamentów silników głównych i kotłów oraz mechanizmów pokładowych, przetwórczych, ładunkowych, pomocniczych i innych.

12.1.2 Wymagania ogólne i oznaczenia

12.1.2.1 Fundamenty silników i innych urządzeń powinny mieć mocną i sztywną konstrukcję, połączoną z wiązaniami dna, burt i pokładów – tak aby zapewnić przenoszenie pionowych wzdłużnych i poprzecznych obciążeń statycznych i dynamicznych od tych urządzeń.

12.1.2.2 Należy zapewnić dostęp do wiązań znajdujących się pod fundamentem dla dokonania oględzin oraz uniemożliwić zbieranie się wody pod nim. Za zgodą PRS może być zastosowana szczelna konstrukcja fundamentu z wypełnieniem zamkniętej przestrzeni materiałem chemicznie obojętnym o dobrych właściwościach adhezyjnych

12.2 Konstrukcja i wymiarowanie wiązań

12.2.1 Fundament powinien w zasadzie składać się ze wzdłużnych pionowych środników oraz poziomych płyt fundamentowych, przeznaczonych do bezpośredniego mocowania do nich mechanizmu lub kotła. Środniki i poziome płyty fundamentowe powinny być, w miarę potrzeby, usztywnione za pomocą węzłówek lub wsporników.

12.2.2 Przy konstruowaniu fundamentów należy unikać skokowej zmiany ich wymiarów, a gdy jest to niemożliwe do spełnienia, należy zapewnić łagodne przejście pomiędzy wiązaniami fundamentu o różnych wymiarach oraz między wiązaniami fundamentu a wiązaniami dna, burt i pokładów.

12.2.3 Jeżeli wzdłużnik boczny dna pojedynczego stanowi zarazem środnik fundamentu, to jego grubość powinna być nie mniejsza od wymaganej dla fundamentu i wzdłużnika środkowego. Wysokość denników powinna być zwiększona odpowiednio do konstrukcji fundamentów mechanicznych. Wysokość dennika pomiędzy wzdłużnymi wiązaniami fundamentu powinna być nie mniejsza niż 0,65 wysokości wymaganej w płaszczyźnie symetrii.

12.2.4 Jeżeli płyty fundamentowe silnika głównego i łożyska oporowego stanowią część poszycia dna wewnętrznego, to w ich obrębie należy przewidzieć na szerokości każdej wspawanej płyty dwa wzdłużniki lub wzdłużnik i półwzdłużnik, które w swej górnej części, co najmniej na 0,2 swej wysokości, powinny mieć taką samą grubość jak płyta fundamentowa albo powinny mieć na całej swej wysokości grubość wymaganą dla środnika fundamentu.

Pomiędzy wzdłużnikami należy zastosować wzdłużne usztywnienia o wymiarach określonych powyżej dla górnych części wzdłużników.

Zastosowanie tylko jednego wzdłużnika na szerokości płyty fundamentowej jest możliwe tylko za zgodą PRS dla silników o małej mocy.

Płyta fundamentowa powinna być w każdym przypadku wzmocniona na całej swej długości poprzecznymi węzłówkami, umieszczonymi między sąsiednimi śrubami w równych odległościach od ich osi.

12.2.5 Jeżeli wzdłużne środniki fundamentów są mocowane do pokładu wytrzymałościowego, to powinny one znajdować się w płaszczyźnie usztywnień podpokładowych.

12.2.6 Wymiary elementów fundamentu są funkcją masy mechanizmu lub kotła albo funkcją nominalnej mocy silnika mechanizmu. Grubość t elementów konstrukcji fundamentu powinna być nie mniejsza niż grubość obliczona wg wzorów:

– dla silnika wolnoobrotowego, kotła lub mechanizmu (wyszczególnionych w tabeli 12.2.6):

$$t = c_1 \sqrt[3]{M} + t_m \text{ [mm]} \quad (12.2.6-1)$$

M – masa silnika, kotła lub mechanizmu w stanie gotowym do pracy [t];

c_1 – współczynnik określany z tabeli 12.2.6,

t_m – naddatek grubości [mm] zależny od masy M , o następujących wartościach:

$t_m = 0$	dla	$M > 200$;
$t_m = 1$	dla	$100 < M \leq 200$;
$t_m = 2$	dla	$50 < M \leq 100$;
$t_m = 3$	dla	$20 < M \leq 50$;
$t_m = 4$	dla	$M \leq 20$.

Tabela 12.2.6
Wartości współczynnika c_1

Urządzenie	Elementy konstrukcji fundamentu		
	płyty (ławy) poziome	średniki ¹⁾	węzłówki, w tym wspornikowe ²⁾
Główny silnik spalinowy	4,65	3,00	2,50
Napędy turbinowe i silniki elektryczne oraz zespoły prądotwórcze	4,15	2,70	2,70
Kocioł	3,65	2,40	2,40

¹⁾ W konstrukcji fundamentu mającego dwa średniki z każdej strony silnika, grubość zewnętrznych średników można przyjmować jako równą grubości węzłówek.

²⁾ Węzłówki wspornikowe – węzłówki trapezowe, których trzy krawędzie są przyłączone do elementów konstrukcji fundamentu.

– dla silnika średnioobrotowego:

$$t = c_2 \sqrt[3]{N} \text{ [mm]} \quad (12.2.6-2)$$

$c_2 = 2,3$ dla poziomej płyty fundamentowej,

$c_2 = 1,6$ dla wewnętrznego średnika fundamentu,

$c_2 = 1,3$ dla zewnętrznego średnika, wsporników i węzłówek;

N – znamionowa moc silnika [kW].

13 MIEJSCOWA WYTRZYMAŁOŚĆ I STATECZNOŚĆ KONSTRUKCJI

13.1 Zasady ogólne

13.1.1 Zastosowanie

13.1.1.1 Wymagania niniejszego rozdziału odnoszą się do wymiarowania płyt, usztywnień, wiązarów zwykłych, podpór i elementów podporowych oraz końcowych węzłówek usztywnień i wiązarów. Wymagania te, poza wymaganiami dotyczącymi wymiarów minimalnych, wynikają z wielkości miejscowych obciążeń obliczeniowych przenoszonych przez te wiązania.

13.1.1.2 Dla płyt, usztywnień i wiązarów zwykłych, przenoszących oprócz obciążeń miejscowych również obciążenia pochodzące od wzdłużnego zginania kadłuba, podano wymagania odnoszące się do sprawdzania stateczności tych wiązań.

13.1.2 Oznaczenia

- A – wymagane pole powierzchni przekroju poprzecznego [cm²],
 A_s – wymagane pole powierzchni poprzecznego przekroju środka [cm²],
 b – szerokość pasa poszycia podpartego przez rozpatrywany wiązar lub usztywnienie [m],
 b_m – szerokość mocnika [mm],

$$f = \frac{5,7(M_s + M_w)}{W_1} \quad (13.1.2)$$

- h_s – wysokość środka [mm],
 l – rozpiętość usztywnienia lub wiazara zwykłego, określona zgodnie z 3.2.1 [m],
 $L_1 = L_0$, lecz nie więcej niż 250 m,
 $L_2 = L_0$, lecz nie więcej niż 120 m,
 M_s – największy moment zginający kadłub na wodzie spokojnej, otrzymany w wyniku analizy poszczególnych eksploatacyjnych stanów załadowania [kNm]; przyjęta wartość M_s powinna być nie mniejsza niż $0,5M_{s0}$ (M_{s0} – projektowy minimalny moment zginający kadłub na wodzie spokojnej [kNm], obliczony według 15.4),
 M_w – przepisowy falowy moment zginający kadłub [kNm], określany według 15.5 jako moment uginający lub wyginający – zależnie od rodzaju momentu M_s ,
 p – ciśnienie obliczeniowe (patrz rozdział 16) [kPa],
 s – odstęp usztywnień mierzony wzdłuż poszycia [m],
 t – wymagana grubość poszycia [mm],
 t_k – naddatek korozyjny (patrz 2.5) [mm],
 t_m – grubość mocnika usztywnienia lub wiazara [mm]; w przypadku płaskownika łebkowego należy przyjmować średnią grubość łba,
 t_s – grubość środka [mm],
 W – wymagany wskaźnik przekroju usztywnienia lub wiazara [cm³],
 W_1 – najmniejszy rzeczywisty wskaźnik przekroju kadłuba w środkowej części statku, określany według 15.7 [cm³]. Należy go określić dla pokładu wytrzymałościowego lub dna zewnętrznego, zależnie od tego, czy rozpatrywane wiązanie znajduje się powyżej czy poniżej poziomej osi obojętnej poprzecznego przekroju kadłuba,
 w_k – współczynnik naddatku korozyjnego wskaźnika przekroju (patrz 13.5.2.5),
 z_α – pionowa odległość od rozpatrywanego punktu do płaszczyzny podstawowej, jeżeli punkt znajduje się poniżej osi obojętnej przekroju kadłuba, lub do linii pokładu, jeżeli punkt znajduje się powyżej osi obojętnej [m],
 z_n – pionowa odległość od osi obojętnej poprzecznego przekroju kadłuba do płaszczyzny podstawowej lub linii pokładu, w zależności od tego, która z nich ma zastosowanie [m],
 σ – dopuszczalne naprężenie normalne [MPa],

- σ_c – normalne naprężenie krytyczne [MPa],
 σ_E – teoretyczne normalne naprężenie krytyczne (eulerowskie) [MPa],
 τ – dopuszczalne naprężenie styczne [MPa],
 τ_c – styczne naprężenie krytyczne [MPa],
 τ_E – teoretyczne styczne naprężenie krytyczne [MPa].

13.1.3 Określenia

Punkt przyłożenia obciążenia obliczeniowego – punkt, w którym należy określić ciśnienie obliczeniowe według wymagań rozdziału 16.

Położenie punktu przyłożenia obciążenia należy określić następująco:

- dla płyt usztywnionych poziomo: w środku geometrycznym nieusztywnionego pola;
- dla płyt usztywnionych pionowo: na dolnej krawędzi płyty, jeżeli krawędź ta jest niepodparta (np. przy zmianie grubości poszycia) oraz w odległości równej połowie odstępu usztywnień powyżej dolnej krawędzi płyty, jeżeli krawędź ta jest podparta;
- dla usztywnień: w środku rozpiętości; jeżeli rozkład ciśnienia wzdłuż rozpiętości usztywnienia nie jest liniowy, to ciśnienie obliczeniowe należy określić w środku rozpiętości usztywnienia oraz jako średnią arytmetyczną ciśnień w punktach końcowych usztywnienia i przyjęc wartość większą;
- dla wiązarów: w geometrycznym środku powierzchni podpartej przez wiązar.

Efektywna gródź wzdłużna – jest to gródź rozciągająca się od dna do pokładu i która na obu końcach – dziobowym i rufowym – jest powiązana gródziami poprzecznymi z burtami statku. Przyjętą długość efektywnej gródzi wzdłużnej należy uzgodnić z PRS.

13.2 Konstrukcyjne grubości minimalne

13.2.1 Wymagania ogólne

Grubości elementów konstrukcyjnych kadłuba powinny być nie mniejsze niż grubości określone wg wzoru:

$$t = t_0 + \frac{k_1 L_1}{\sqrt{k}} + t_k \quad [\text{mm}] \quad (13.2.1)$$

t_0, k_1 – parametry, których wartości dla poszczególnych konstrukcji i wiązań kadłuba podano w punktach 13.2.2 do 13.2.5,

k – współczynnik materiałowy zależny od granicy plastyczności materiału (patrz 2.2.1).

Przy określaniu wartości t wiązań zbiorników skrajnikowych przyjęta wartość L_1 nie musi przekraczać 180 m.

13.2.2 Konstrukcja dna

13.2.2.1 Stępka płaska: $t_0 = 7,0$; $k_1 = 0,05$.

13.2.2.2 Poszycie dna zewnętrznego i obła: $t_0 = 5,0$; $k_1 = 0,04$.

13.2.2.3 Poszycie dna wewnętrznego:

$t_0 = 7,0$ – pod lukami statków do przewozu ładunków suchych, jeżeli w tym rejonie nie zastosowano pokrycia dna drewnem lub innymi uznanymi materiałami,

$t_0 = 6,0$ – w pozostałych rejonach dna wewnętrznego niemającego pokrycia,

$t_0 = 5,0$ – w rejonach, w których zastosowano pokrycie dna wewnętrznego;

$k_1 = 0,03$.

13.2.2.4 Denniki i wzdłużniki denne, płyty wspornikowe, węzłówki:

$$t_0 = 6,0;$$

$$k_1 = 0,04 \text{ – dla dennego wzdłużnika środkowego w rejonie } z \leq 2,0 \text{ m};$$

$$k_1 = 0,02 \text{ – dla dennego wzdłużnika środkowego w rejonie } z > 2,0 \text{ m oraz dla pozostałych wiązarów.}$$

13.2.2.5 Środniki i mocniki wzdłużnych i poprzecznych wręgów dna wewnętrznego i zewnętrznego, usztywnienia denników, wzdłużników i płyt wspornikowych:

$$t_0 = 5,0;$$

$$k_1 = 0,03 \text{ – w zbiorniku skrajnikowym};$$

$$k_1 = 0,02 \text{ – w pozostałych przypadkach.}$$

13.2.3 Konstrukcja burt**13.2.3.1** Poszycie burt:

$$t_0 = 5,0;$$

$$k_1 = 0,04 \text{ – w rejonie } z \leq z_0, \text{ gdzie } z_0 = T + 4,6 \text{ m}; \text{ w rejonie } z > z_0 \text{ wartość } k_1 \text{ może być obniżona o } 0,01 \text{ na każde } 2,3 \text{ m przyrostu współrzędnej } z, \text{ przy czym } k_1 \geq 0,01,$$

$$k_1 = 0,06 \text{ – dla poszycia łączonego z tylnicą.}$$

13.2.3.2 Środniki i mocniki burtowych wręgów wzdłużnych i poprzecznych:

$$t_0 = 5,0;$$

$$k_1 = 0,02 \text{ – dla wręgów w zbiornikach skrajnikowych,}$$

$$k_1 = 0,01 \text{ – w pozostałych rejonach.}$$

13.2.3.3 Wiązary: mocniki, środniki i ich usztywnienia oraz węzłówki:

$$t_0 = 5,0;$$

$$k_1 = 0,03 \text{ – w zbiornikach skrajnikowych,}$$

$$k_1 = 0,02 \text{ – w zbiornikach balastowych i ładunkowych,}$$

$$k_1 = 0,01 \text{ – w pozostałych rejonach.}$$

13.2.4 Konstrukcja pokładów**13.2.4.1** Poszycie pokładu wytrzymałościowego:

$$t_0 = 5,5 \text{ – dla pokładu otwartego lub ładunkowego niepokrytego drewnem lub innymi uznanymi materiałami,}$$

$$t_0 = 5,0 \text{ – dla pokładu otwartego lub ładunkowego w rejonach, gdzie zastosowano pokrycie oraz w rejonie pomieszczeń mieszkalnych;}$$

$$k_1 = 0,02 \text{ – dla statków jednopokładowych,}$$

$$k_1 = 0,01 \text{ – dla statków mających w rejonie } z > 0,7H \text{ dwa pokłady ciągłe,}$$

$$k_1 = 0,01 \text{ – dla pokładu otwartego w rejonie } x \geq 0,3L_0 \text{ (wartość min.),}$$

$$k_1 = 0,00 \text{ – dla statków mających w rejonie } z > 0,7H \text{ więcej niż dwa pokłady ciągłe.}$$

13.2.4.2 Poszycie pokładów znajdujących się ponad lub poniżej pokładu wytrzymałościowego:

$$t_0 \text{ – jak podano wyżej dla pokładu wytrzymałościowego;}$$

$$k_1 = 0,01 \text{ – dla pokładu znajdującego się w rejonie } z > 0,7H \text{ na statku o dwu pokładach ciągłych spełniających warunek } z > 0,7H;$$

$k_1 = 0,01$ – dla pokładu pierwszej kondygnacji nadbudówki lub pokładówki na statku jednopo-
kładowym, jeżeli jej część znajdująca się w środkowej części statku ($-0,2L_0 \leq x \leq$
 $0,2L_0$) ma długość większą niż $0,2L_0$;

$k_1 = 0,00$ – dla innych pokładów.

13.2.4.3 Środniki i mocniki pokładników wzdłużnych i poprzecznych:

t_0, k_1 – jak podano wyżej dla wręgów burtowych.

13.2.4.4 Mocniki, środniki, usztywnienia i węzłówki wiązarów pokładowych:

t_0, k_1 – jak podano wyżej dla wiązarów burtowych.

13.2.5 Konstrukcja grodzi

13.2.5.1 Poszycie grodzi:

$t_0 = 7,0$ – w rejonie zbiornika skrajnikowego,

$t_0 = 5,0$ – w innych rejonach,

$k_1 = 0,02$ – w rejonie zbiorników ładunkowych, zbiorników balastowych znajdujących się
w części ładunkowej statku, w zbiornikach skrajnikowych,

$k_1 = 0,01$ – w pozostałych rejonach.

13.2.5.2 Środniki i mocniki wzdłużnych, pionowych i poprzecznych usztywnień grodzi zbiorni-
ków ładunkowych, grodzi podziału wodoszczelnego na masowcach, grodzi przelewowych:
 $t_0 = 5,0$; k_1 – jak dla poszycia grodzi.

13.2.5.3 Środniki, mocniki, usztywnienia i węzłówki wiązarów grodzi:

t_0, k_1 – jak dla wiązarów konstrukcji burty.

13.3 Wymagania dotyczące stateczności elementów konstrukcyjnych

13.3.1 Wymagania ogólne

13.3.1.1 Wymagania niniejszego podrozdziału dotyczą statków morskich wymienionych
w punkcie 1.1.1, z wyjątkiem kontenerowców od długości 90 m i większej, które powinny spełniać
wymagania *Publication 114/P – Longitudinal Strength Standard for Container Ships*.

13.3.1.2 Sprawdzeniu w zakresie zachowania stateczności w warunkach jednokierunkowego
ściskania podlegają płyty poszycia oraz usztywnienia wzdłużne dna zewnętrznego, dna we-
wnętrznego, burt, pokładu wytrzymałościowego i grodzi wzdłużnych, biorące udział w wytrzy-
małości wzdłużnej statku i znajdujące się w środkowej części statku.

13.3.1.3 W rejonach przejściowych pomiędzy środkową częścią statku a częściami skrajnymi
stateczność wiązań wymienionych w 13.3.1.1 na ogół nie podlega sprawdzeniu. Takie sprawdze-
nie może być jednak wymagane w przypadku występowania nieciągłości konstrukcji w tych rejo-
nach, nierównomiernego po długości załadowania statku, a także występowania dużego rozchy-
lenia burt w dziobowej części statku.

13.3.1.4 Na statkach, których kadłuby przenoszą znaczne siły tnące, płyty poszycia burt i grodzi
wzdłużnych biorących udział w wytrzymałości wzdłużnej podlegają sprawdzeniu w zakresie sta-
teczności w warunkach czystego ścinania. Odnosi się to szczególnie do statków, na których mogą
wystąpić stany nierównomiernego załadowania po długości, a na zbiornikowcach – również po sze-
rokości statku.

13.3.1.5 Spełnienie odrębnych warunków zachowania stateczności przy ściskaniu i ścinaniu nie wyklucza konieczności odrębnego sprawdzenia stateczności płyt i wiązań poddanych jednoczesnemu oddziaływaniu ściskania i ścinania. Dotyczy to również przypadków dwukierunkowego ściskania oraz dwukierunkowego ściskania i ścinania.

13.3.1.6 Wymagany zakres sprawdzenia stateczności elementów konstrukcyjnych niewymienionych w 13.3.1.1 do 13.3.1.4 podano w wymaganiach szczegółowych dotyczących tych elementów.

13.3.2 Kryteria stateczności i obliczeniowe wartości naprężeń

13.3.2.1 Dla wiązań lub ich elementów podlegających sprawdzeniu w zakresie zachowania stateczności w warunkach jednokierunkowego ściskania wymagane jest spełnienie warunku:

$$\sigma_c \geq c\sigma_r \quad (13.3.2.1)$$

σ_c – naprężenie krytyczne określane według 13.3.2.2, z uwzględnieniem ostatecznie przyjętych wymiarów rozpatrywanego wiązania [MPa],

σ_r – obliczeniowe naprężenie ściskające określane według 13.3.2.7 [MPa],

c – współczynnik wyrażający zapas naprężenia krytycznego w stosunku do spodziewanego naprężenia ściskającego:

$c = 1$ – dla płyt poszycia oraz środników wiązań,

$c = 1,1$ – dla usztywnień.

13.3.2.2 Naprężenie krytyczne w warunkach jednokierunkowego ściskania w odniesieniu do zastosowanego wiązania lub elementu należy określić wg wzoru:

$$\sigma_c = \sigma_E \text{ [MPa], jeżeli } \sigma_E \leq \frac{R_e}{2} \quad (13.3.2.2-1)$$

$$\sigma_c = R_e \left(1 - \frac{R_e}{4\sigma_E}\right) \text{ [MPa], jeżeli } \sigma_E > \frac{R_e}{2} \quad (13.3.2.2-2)$$

σ_E – teoretyczne naprężenie krytyczne w warunkach ściskania [MPa], określone według 13.4.3 i 13.5.3.

13.3.2.3 Dla elementów płytowych podlegających sprawdzeniu stateczności w warunkach czystego ścinania wymagane jest spełnienie warunku:

τ_c – krytyczne naprężenie styczne pola płytowego, określone według 13.3.2.4 [MPa],

τ_r – obliczeniowe naprężenie styczne działające w płycie, określone według 13.3.2.8 [MPa].

13.3.2.4 Naprężenie krytyczne τ_c w warunkach czystego ścinania w odniesieniu do rozpatrywanego pola płytowego należy określić wg wzoru:

$$\tau_c = \tau_E \text{ [MPa], jeżeli } \tau_E \leq 0,5 \tau_{pl} \quad (13.3.2.4-1)$$

$$\tau_c = \tau_{pl} \left(1 - \frac{\tau_{pl}}{4\tau_E}\right) \text{ [MPa], jeżeli } \tau_E > 0,5 \tau_{pl} \quad (13.3.2.4-2)$$

$$\tau_{pl} = \frac{R_e}{\sqrt{3}} \text{ [MPa]} \quad (13.3.2.4-3)$$

τ_E – teoretyczne naprężenie krytyczne w warunkach ścinania [MPa], określone według 13.4.3.

13.3.2.5 W złożonych stanach obciążeń w elementach płytowych (ściskanie jedno- lub dwukierunkowe ze ścinaniem) wymagane jest spełnienie warunku:

$$\sigma_{zc} \geq \sigma_{zr}$$

σ_{zc} – krytyczna wartość naprężeń zastępczych, obliczana wg 13.3.2.6 [MPa],

σ_{zr} – obliczeniowa wartość naprężeń zastępczych, obliczana wg 13.3.2.9 [MPa].

13.3.2.6 Krytyczną wartość naprężeń zastępczych w złożonych stanach obciążeń należy określić wg wzoru:

$$\sigma_{zc} = \sigma_{zE}, \text{ jeżeli } \sigma_{zE} \leq \frac{R_e}{2} \quad (13.3.2.6-1)$$

$$\sigma_{zc} = R_e \left(1 - \frac{R_e}{4\sigma_{zE}}\right), \text{ jeżeli } \sigma_{zE} > \frac{R_e}{2} \quad (13.3.2.6-2)$$

σ_{zE} – teoretyczne zastępcze naprężenie krytyczne w złożonym stanie obciążenia [MPa], określone według 13.4.3.7.

13.3.2.7 Naprężenia ściskające σ_r w środkowej części statku, pochodzące od ogólnego zginania kadłuba, które stanowią podstawę wymagań w zakresie stateczności płyt poszycia, ścianek wiązarów wzdłużnych i stateczności usztywnień wzdłużnych w warunkach jednokierunkowego ściskania, należy określić wg wzoru:

$$\sigma_r = \frac{M_s + M_w}{I_n} z 10^5 \text{ [MPa]} \quad (13.3.2.7-1)$$

Wartość σ_r przyjęta do analizy stateczności wiązań powinna ponadto spełniać warunek:

$$\sigma_r \geq 30k \text{ [MPa]} \quad (13.3.2.7-2)$$

M_s – obliczeniowy moment zginający działający na statek na wodzie spokojnej w rozpatrywanym przekroju poprzecznym, określony według 15.4 [kNm],

M_w – falowa składowa obliczeniowego momentu zginającego statek w rozpatrywanym przekroju poprzecznym, określona według 15.5 [kNm],

I_n – moment bezwładności rozpatrywanego poprzecznego przekroju kadłuba, określony według zasad podanych w 15.7 [cm⁴],

z – pionowa odległość od osi obojętnej przekroju do rozpatrywanego punktu [m];

k – współczynnik materiałowy określany według 2.2.1.

Jako M_s i M_w należy przyjąć obliczeniowe wartości momentu ugięcia lub wygięcia, zależnie od tego, czy rozpatrywane wiązanie znajduje się powyżej czy poniżej osi obojętnej poprzecznego przekroju kadłuba.

Jeżeli na wodzie spokojnej statek we wszystkich stanach załadowania znajduje się w warunkach wygięcia, to wartość obliczeniowego momentu w warunkach ugięcia ($M_s + M_w$) podlega odrębnemu rozpatrzeniu przez PRS.

Naprężenia ściskające σ_r , będące wynikiem jednoczesnego zginania kadłuba w płaszczyznach pionowej i poziomej oraz skręcania, podlegają odrębnemu rozpatrzeniu przez PRS w oparciu o kryteria podane w *Publikacji 24/P – Analiza wytrzymałości kadłuba kontenerowca*.

Sprawdzenie stateczności płyt poszycia i środników wiązarów w warunkach jednokierunkowego ściskania nie wyklucza konieczności sprawdzenia stateczności w złożonych stanach naprężeń według zasad podanych w 13.3.2.9 i 13.3.2.10.

13.3.2.8 Naprężenia styczne τ_r w poszyciu burt, pochodzące od ogólnego ścinania kadłuba, które stanowi podstawę wymagań w zakresie stateczności płyt poszycia burt w warunkach czystego ścinania, należy określić wg wzoru:

– dla statków bez efektywnych grodzi wzdłużnych:

$$\tau_r = \frac{0,5|Q_s + Q_w| S_n}{t I_n} 10^2 \text{ [MPa]} \quad (13.3.2.8-1)$$

– dla statków z dwiema efektywnymi grodziami wzdłużnymi lub burtami podwójnymi:

naprężenie τ_r w poszyciu burt:

$$\tau_r = \frac{|(0,5 - k_s)(Q_s + Q_w) + \Delta Q_{sb}| S_n}{t I_n} 10^2 \text{ [MPa]} \quad (13.3.2.8-2)$$

naprężenie τ_r w poszyciu grodzi wzdłużnej:

$$\tau_r = \frac{|k_s(Q_s+Q_w)+\Delta Q_{sg}|S_n}{t I_n} 10^2 \quad [\text{MPa}] \quad (13.3.2.8-3)$$

gdzie: $Q_s, Q_w, S_n, t, I_n, k_s, \Delta Q_{sb}, \Delta Q_{sg}$ – patrz 15.1.2 oraz 15.3, 15.9, 15.10, 15.11.

Naprężenia τ_r dla statków z jedną grodzią wzdłużną podlegają odrębnemu rozpatrzeniu przez PRS.

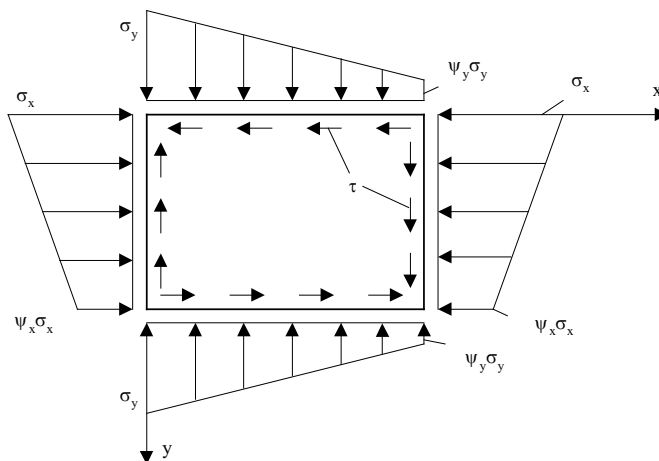
13.3.2.9 Obliczeniową wartość naprężeń zredukowanych w płytach poszycia lub środnikach wiązarów należy obliczyć wg wzoru:

$$\sigma_r = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 - \sigma_x \sigma_y + 3\tau^2} \quad [\text{MPa}] \quad (13.3.2.9)$$

σ_x, σ_y, τ – naprężenia w płycie [MPa] jak na rys. 13.3.2.9.

Naprężenia ściskające σ_x lub σ_y należy przyjmować jako dodatnie.

Jeżeli σ_x lub σ_y jest rozciągające, to do wzoru 13.3.2.9 należy podstawić ich wartości zerowe. Naprężenia σ_x, σ_y, τ należy obliczać z pominięciem otworów w polu płytowym.



Rys. 13.3.2.9

13.3.2.10 Wartości naprężeń stosowanych w ocenie stateczności konstrukcji w sytuacjach innych, niż wymienione w 13.3.2.7 i 13.3.2.8, należy obliczać w ramach analizy wytrzymałości strefowej konstrukcji, zgodnie z postanowieniami rozdziału 14.

W przypadku wiązarów kadłuba oraz płyt poszycia, w których występują znaczące wartości naprężeń ściskających σ w kierunkach obu krawędzi płyty lub naprężeń stycznych τ , towarzyszących naprężeniom normalnym, należy sprawdzić stateczność w założonych stanach naprężeń dla obliczeniowej wartości naprężeń wyznaczonej wg 13.3.2.9.

W przypadku wiązań wzdłużnych należy uwzględnić naprężenia od ogólnego zginania kadłuba lub skręcania, wyznaczone wg identycznych zasad jak podano w 13.3.2.7.

13.4 Poszycie kadłuba

13.4.1 Wymagania ogólne

Ostatecznie przyjęte grubości płyt poszycia powinny spełniać następujące wymagania:

- warunek minimalnej grubości wiązań podany w 13.2,
- warunek wytrzymałości płyt na zginanie podany w 13.4.2,
- warunek stateczności płyt podany w 13.3 zgodnie ze wskazaniem podanym w 13.4.3.

13.4.2 Grubość poszycia

13.4.2.1 Grubość płyt poszycia, wynikająca z warunku ich wytrzymałości przy działaniu zewnętrznego obciążenia poprzecznego, należy obliczać wg wzoru:

$$t = 18k_a s \sqrt{\frac{p}{\sigma}} + t_k \quad [\text{mm}] \quad (13.4.2.1-1)$$

$$k_a = \left(1 - 0,27 \frac{s}{l}\right)^2 \quad (13.4.2.1-2)$$

Zastosowana wartość k_a nie musi być większa niż 0,88.

p – obliczeniowe ciśnienie działające na rozpatrywaną płytę [kPa]; należy je określać zgodnie ze wskazaniem podanymi w 16.2–16.4,

σ – dopuszczalne naprężenie normalne przy zginaniu płyt, określane według 13.4.2.2 lub 13.4.2.3 [MPa].

13.4.2.2 Naprężenia dopuszczalne dla płyt biorących udział w wytrzymałości wzdłużnej kadłuba I położonych w środkowej części statku należy określać według tabeli 13.4.2.2. Przyjęta wartość nie powinna przekraczać $\sigma_{max} = 160k$ [MPa].

Dla płyt poszycia położonych w skrajnych częściach statku należy przyjmować $\sigma = 160k$ [MPa].

Uwaga: Pomiędzy środkową częścią statku a częściami skrajnymi wartość σ zmienia się liniowo.

Tabela 13.4.2.2
Dopuszczalne naprężenia dla płyt w środkowej części statku

Lp.	Poszycie w rejonie	σ [MPa]
1.	dna zewnętrznego	
1.1	usztynionego wzdłużnie	120k
1.2	usztynionego poprzecznie	175k – 120f
2.	dna wewnętrznego	
2.1	usztynionego wzdłużnie	140k
2.2	usztynionego poprzecznie	200k – 110f, lecz nie więcej niż 140k
3.	burt ¹⁾	
3.1	usztynionych wzdłużnie	140k
3.2	usztynionych poprzecznie	120k
4.	grodzi wzdłużnych ¹⁾	
4.1	usztynionych wzdłużnie	160k
4.2	usztynionych poprzecznie ²⁾	140k
5.	pokładu wytrzymałościowego	
5.1	usztynionego wzdłużnie	120k
5.2	usztynionego poprzecznie	175k – 120f, lecz nie więcej niż 120k

¹⁾ Podano wartość σ w rejonie osi obojętnej poprzecznego przekroju kadłuba. Powyżej i poniżej osi obojętnej wartości σ zmniejszają się liniowo, aż do wartości wymaganych odpowiednio dla pokładu i dla dna, zakładając, że kierunek usztynień i współczynnik materiałowy nie zmieniają się.

²⁾ Jeżeli gródź wzdłużna jest ścianą zbiornika, dla której ciśnienie obliczeniowe p zostało określone jako $p = p_{10}$ lub $p = p_{12}$, to naprężenia dopuszczalne można podwyższyć do wartości $\sigma = 160$ MPa.

13.4.2.3 Naprężenia dopuszczalne σ dla poszyc grodzi poprzecznych, pokładów poniżej pokładu wytrzymałościowego oraz dla poszyc ścian i pokładów krótkich nadbudówek i pokładówek można przyjmować jako równe $160k$ [MPa].

Naprężenia dopuszczalne dla poszycia grodzi poprzecznych w warunkach awaryjnego zalania przedziału można przyjąć jako równe $220k$ [MPa].

Wartości naprężeń dopuszczalnych w poszyciu grodzi wzdłużnej w warunkach zalania należy przyjmować następująco:

- .1 na poziomie osi obojętnej kadłuba statku: $220k$ [MPa];
- .2 w środkowej części statku, w kierunku pokładu, naprężenia dopuszczalne zmniejszają się liniowo od wartości $220k$ [MPa], w rejonie osi obojętnej kadłuba, do wartości $220k \cdot (\sigma_{deck} / \sigma_{neutral_axis})$ [MPa], gdzie σ_{deck} oraz $\sigma_{neutral_axis}$ są wartościami naprężeń dopuszczalnych podanymi w tabeli 13.4.2.2 dla grodzi wzdłużnych na poziomie pokładu i osi obojętnej;
- .3 w środkowej części statku, w kierunku dna statku, naprężenia dopuszczalne zmniejszają się liniowo od wartości $220k$ [MPa], w rejonie osi obojętnej kadłuba statku, do wartości $220k \cdot (\sigma_{bottom} / \sigma_{neutral_axis})$ [MPa], gdzie σ_{bottom} oraz $\sigma_{neutral_axis}$ są wartościami naprężeń dopuszczalnych podanymi w tabeli 13.4.2.2 dla grodzi wzdłużnych na poziomie dna i osi obojętnej;
- .4 naprężenia działające po długości kadłuba statku powinny być interpolowane zgodnie z wymaganiami 13.4.2.2, przy założeniu, że wartości dopuszczalne w skrajnych częściach statku wynoszą $220k$ [MPa].

13.4.2.4 Grubość poszycia burt i grodzi wzdłużnych w rejonie podparcia poziomych wiązarów grodzi poprzecznych powinna być odpowiednio zwiększona.

13.4.3 Stateczność poszycia i środków wiązarów

13.4.3.1 Postanowienia podrozdziału 13.4.3 dotyczą określenia teoretycznych naprężeń krytycznych dla rzeczywistych wymiarów płyt poszycia i środków wiązarów poddanych ścisłaniu jednokierunkowemu, cyfystemu ścinaniu lub złożonym stanom obciążeń.

13.4.3.2 Płyty poszycia oraz środki wiązarów: dna zewnętrznego, dna wewnętrznego, burt, pokładu wytrzymałościowego i grodzi wzdłużnych, biorące udział we wzdłużnej wytrzymałości statku, powinny spełniać wymagania w zakresie stateczności płyt ścisłanych jednokierunkowo, podane w 13.3, przy zastosowaniu teoretycznego naprężenia krytycznego σ_E , obliczonego według 13.4.3.4 i τ_E w warunkach czystego ścinania, obliczonego według 13.4.3.5, jeżeli ma zastosowanie.

Wszystkie płyty poszycia kadłuba, grodzi i przegród oraz środki wiązarów, w sytuacjach określonych w 13.3.2.10, powinny spełniać kryterium stateczności w złożonych stanach obciążeń, sformułowane w 13.3.2.5, chyba że PRS wyrazi zgodę na zastosowanie do pewnych pól płytowych wymagań podanych w 13.4.3.3.

13.4.3.3 Po odrębnym rozpatrzeniu przez PRS może być dopuszczone sprężyste wyboczenie płyt, jeżeli w ocenie wzdłużnej wytrzymałości statku zostanie uwzględniona odpowiednia redukcja efektywnego przekroju poprzecznego tych płyt poszycia.

13.4.3.4 Wartość teoretycznego naprężenia krytycznego σ_E przy ścisłaniu pola poszycia ograniczonego konturem podporowym należy obliczać wg wzoru:

$$\sigma_E = 0,9mE \left[\frac{t_n}{1000s} \right]^2 \quad [\text{MPa}] \quad (13.4.3.4-1)$$

Dla pól płytowych usztywnionych wzdłużnie (równoległe do kierunku działania naprężeń ściskających):

$$m = \frac{8,4}{k_2 + 1,1} \quad (13.4.3.4-2)$$

Dla pól płytowych usztywnionych poprzecznie (prostopadle do kierunku działania naprężeń ściskających):

$$m = c \left[1 + \left(\frac{s}{l} \right)^2 \right]^2 \frac{2,1}{k_2 + 1,1} \quad (13.4.3.4-3)$$

E – patrz 1.2.1;

t_n – grubość płyty poszycia netto [mm], po uwzględnieniu standardowego potrącenia określonego według tabeli 13.4.3.4;

s – długość krótszego boku pola płytowego [m];

l – długość dłuższego boku pola płytowego [m];

$c = 1,30$ – jeżeli poszycie jest usztywnione przez denniki lub wysokie wiązary,

$c = 1,21$ – jeżeli usztywnieniami są kątowniki lub teowniki,

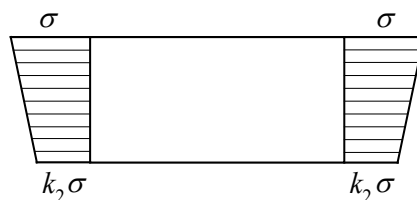
$c = 1,10$ – jeżeli usztywnieniami są płaskowniki łebkowe,

$c = 1,05$ – jeżeli usztywnieniami są płaskowniki;

k_2 – stosunek najmniejszej do największej wartości naprężenia ściskającego σ (patrz rys. 13.4.3.4).

Zastosowana wartość k_2 powinna spełniać warunek $0 \leq k_2 \leq 1$.

Dla płyt z otworami należy dokonać korekty σ_E wg 13.4.3.8, 13.4.3.10 i 13.4.3.11.



Rys. 13.4.3.4. Określanie współczynnika k_2

Tabela 13.4.3.4

Lp.	Konstrukcja	Standardowe potrącenie [mm]	Wartości graniczne min – max [mm]
1	– Pomieszczenia do przewozu suchych ładunków masowych. – Pionowe lub pochyłe ściany pomieszczeń o kącie nachylenia do płaszczyzny poziomej większym niż 25°, podlegające jednostronnemu oddziaływaniu balastu i/lub ładunku płynnego.	0,05t	0,5 – 1
2	– Poziome lub pochyłe ściany pomieszczeń o kącie nachylenia do płaszczyzny poziomej mniejszym niż 25°, podlegające jednostronnemu oddziaływaniu balastu i/lub ładunku płynnego. – Pionowe lub pochyłe ściany pomieszczeń o kącie nachylenia do płaszczyzny poziomej większym niż 25°, podlegające obustronnemu oddziaływaniu balastu i/lub ładunku płynnego.	0,10t	2 – 3
3	– Poziome lub pochyłe ściany pomieszczeń o kącie nachylenia do płaszczyzny poziomej mniejszym niż 25°, podlegające obustronnemu oddziaływaniu balastu i/lub ładunku płynnego.	0,15t	2 – 4

13.4.3.5 Wartość teoretycznego naprężenia krytycznego τ_E przy ścinaniu pola płytowego ograniczonego konturem usztywnionym należy określać wg wzoru:

$$\tau_E = 0,9k_t E \left[\frac{t_n}{1000s} \right]^2 \quad [\text{MPa}] \quad (13.4.3.5-1)$$

$$k_t = 5,34 + 4 \left[\frac{s}{l} \right]^2 \quad (13.4.3.5-2)$$

E, t_n, s, l - patrz 13.4.3.4.

Dla płyt z otworami należy dokonać korekty τ_E wg 13.4.3.9, 13.4.3.10 i 13.4.3.11.

13.4.3.6 Dla pola płytowego w złożonym stanie obciążenia (rys. 13.3.2.9) wartości teoretycznych naprężeń krytycznych $\sigma'_{xE}, \sigma'_{yE}, \tau'_E$ należy określić z równania:

$$\frac{\sigma'_{xE}}{\sigma_{xE}} + \frac{\sigma'_{yE}}{\sigma_{yE}} + \left(\frac{\tau'_E}{\tau_E} \right)^2 = 1 \quad (13.4.3.6)$$

gdzie:

σ'_{xE} - wartość teoretycznego naprężenia krytycznego przy ściskaniu w kierunku osi x , w złożonym stanie obciążenia, jak na rys. 13.3.2.9;

σ_{xE} - wartość teoretycznego naprężenia krytycznego przy ściskaniu jednokierunkowym w kierunku osi x (rys. 13.4.3.4), obliczona jako σ_E wg 13.4.3.4;

$\sigma'_{yE}, \sigma_{yE}$ - tak jak σ'_{xE} i σ_{xE} ale przy ściskaniu w kierunku osi y ;

τ'_E - wartość teoretycznego naprężenia krytycznego przy ścinaniu w złożonym stanie obciążenia jak na rys. 13.3.2.9;

τ_E - wartość teoretycznego naprężenia krytycznego w warunkach czystego ścinania, obliczona wg 13.4.3.5.

Obliczając wartości $\sigma'_{xE}, \sigma'_{yE}$ i τ'_E wg równania 13.4.3.6 należy założyć, że są one wprost proporcjonalne do wartości naprężeń σ_x, σ_y, τ ustalanych wg 13.3.2.9 i 13.3.2.10. Naprężenia ściskające należy przyjąć jako dodatnie. Jeżeli σ_x lub σ_y są rozciągające, to w równaniu 13.4.3.6 należy przyjmując σ'_{xE}/σ_{xE} lub σ'_{yE}/σ_{yE} jako równe zero.

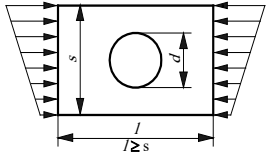
13.4.3.7 Wartość teoretycznego zastępczego naprężenia krytycznego w złożonym stanie naprężenia należy obliczyć wg wzoru:

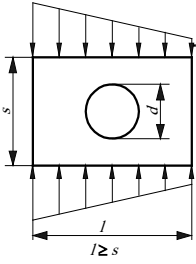
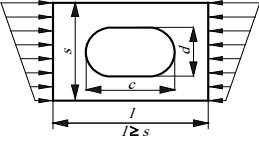
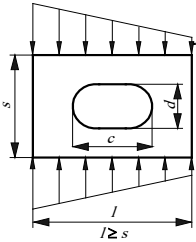
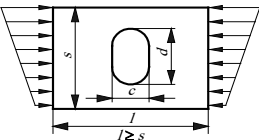
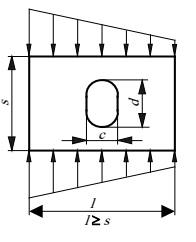
$$\sigma_{zE} = \sqrt{(\sigma'_{xE})^2 + (\sigma'_{yE})^2 - \sigma'_{xE}\sigma'_{yE} + 3(\tau'_E)^2} \quad (13.4.3.7)$$

$\sigma'_{xE}, \sigma'_{yE}, \tau'_E$ - teoretyczne naprężenia krytyczne obliczane wg 13.4.3.6; należy przyjmować je jako liczby nieujemne.

13.4.3.8 Jeżeli w centralnej części pola płytowego zastosowano wycięcie (otwór) okrągłe lub owalne, to wartości σ_E obliczane wg 13.4.3.4-1 należy skorygować poprzez pomnożenie przez bezwymiarowy współczynnik r_k o wartościach określonych wg tabeli 13.4.3.8.

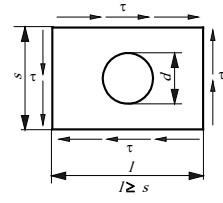
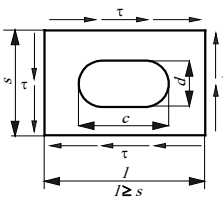
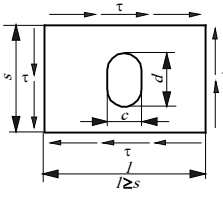
Tabela 13.4.3.8
Współczynniki korekcyjne dla ściskanych jednokierunkowo płyt z otworami

Lp.	Rodzaj otworu i kierunek ściskania	Wartość r_k i zakres zastosowania
1		$r_k = 1,17 - 1,41 \frac{d}{s} + 1,17 \left(\frac{d}{s} \right)^2$ <p>dla: $0,3 \leq \frac{d}{s} \leq 0,7$</p>

Lp.	Rodzaj otworu i kierunek ściskania	Wartość r_k i zakres zastosowania
2		$r_k = 0,85$ dla: $0,3 \leq \frac{d}{s} \leq 0,7$
3		$r_k = 0,66$ dla $1 \leq \frac{l}{s} \leq 2$, $r_k = 0,76$ dla $\frac{l}{s} > 2$ Wartości r_k obowiązują dla: $0,3 \leq \frac{d}{s} \leq 0,7$ oraz $1,25 \leq \frac{c}{d} \leq 2$
4		$r_k = 0,82$ dla $1 < \frac{l}{s} \leq 2$, $r_k = 0,66$ dla $\frac{l}{s} > 2$ Wartości r_k obowiązują dla: $0,3 \leq \frac{d}{s} \leq 0,75$ oraz $1,25 \leq \frac{c}{d} \leq 2$
5		$r_k = 0,78$ dla $1 \leq \frac{l}{s} \leq 2$, $r_k = 0,85$ dla $\frac{l}{s} > 2$ Wartości r_k obowiązują dla: $0,3 \leq \frac{d}{s} \leq 0,75$ oraz $1,25 \leq \frac{d}{c} \leq 2$
6		$r_k = 0,74 + 0,03 \frac{l}{s}$ dla: $0,3 \leq \frac{d}{s} \leq 0,75$ oraz $1,25 \leq \frac{d}{c} \leq 2$

13.4.3.9 Jeżeli w centralnej części pola płytowego zastosowano wycięcie (otwór) okrągłe lub owalne, to wartości τ_E obliczone wg 13.4.3.5 należy skorygować poprzez pomnożenie przez bezwymiarowy współczynnik r_k o wartościach określanych wg tabeli 13.4.3.9.

Tabela 13.4.3.9
Współczynniki korekcyjne dla płyt z otworami w warunkach czystego ścinania

Lp.	Rodzaj otworu	Wartość r_k i zakres zastosowania
1		$r_k = 1,17 - 2,32 \frac{d}{s} + 1,31 \left(\frac{d}{s}\right)^2$ dla: $0,3 \leq \frac{d}{s} \leq 0,7$
2		$r_k = 1,17 - 2,32 \frac{d}{s} + 1,31 \left(\frac{d}{s}\right)^2 + 0,16 \left(1,75 - \frac{c}{d}\right) + \Delta r$ dla: $1,25 \leq \frac{c}{d} \leq 2$; $0,3 \leq \frac{d}{s} \leq 0,7$ gdzie: $\Delta r = 0,08 \left(\frac{l}{s} - 2,5\right)$ dla $1,5 < \frac{l}{s} < 2,5$; $\Delta r = 0$ dla pozostałych wartości $\frac{l}{s}$
3		$r_k = 1,17 - 2,32 \frac{d}{s} + 1,31 \left(\frac{d}{s}\right)^2 + 0,22 \left(1 - \frac{c}{d}\right) + \Delta r$ dla: $0,5 \leq \frac{c}{d} \leq 0,75$; $0,3 \leq \frac{d}{s} \leq 0,7$ gdzie: $\Delta r = 0,3 \frac{l}{s} - 0,06 \left(\frac{l}{s}\right)^2 - 0,25$ dla $\frac{l}{s} \leq 2,5$; $\Delta r = 0,125$ dla $\frac{l}{s} > 2,5$

13.4.3.10 Jeżeli w centralnej części pola płytowego zastosowano wycięcie okrągłe lub owalne, które obramowano płaskownikiem przyspawanym wokół otworu symetrycznie względem płaszczyzny płyty, to teoretyczne naprężenia krytyczne obliczane wg 13.4.3.8 lub 13.4.3.9 można skorygować w następujący sposób:

- a) jeżeli grubość płaskownika jest nie mniejsza niż grubość płyty, a wysokość nie mniejsza niż czterokrotna grubość, to dla płyty ściskanej jednokierunkowo należy przyjąć:

$$r_k = 1 \quad (13.4.3.10-1)$$

- b) dla płyty w warunkach czystego ścinania, gdy obramowanie spełnia ograniczenia jak w punkcie a), wartość r_k wg tabeli 13.4.3.9 należy dodatkowo przemnożyć przez współczynnik:

$$r_u = 0,3 + 2,0 \frac{d}{s} + 0,2 \frac{c}{d} + 0,6 \frac{s}{l} \quad (13.4.3.10-2)$$

l, s, c, d – wymiary pokazane na rysunkach w tabeli 13.4.3.9,

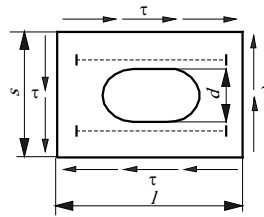
– dla wycięcia okrągłego należy przyjąć $c = d$;

- c) jeżeli krawędź otworu płyty w warunkach czystego ścinania jest obramowana płaskownikiem o grubości nie mniejszej niż dwukrotna grubość płyty i wysokości nie mniejszej niż czterokrotna grubość płyty, to należy przyjąć:

$$r_k = 1 \quad (13.4.3.10-3)$$

13.4.3.11 Jeżeli płytę z centralnie położonym wycięciem okrągłym lub owalnym wzmocniono w sposób pokazany na rys. 13.4.3.11 płaskownikami o grubości nie mniejszej niż grubość płyty i wysokości nie mniejszej niż czterokrotna grubość płyty, to dla płyt w warunkach czystego ścinania wartości τ_E obliczane wg 13.4.3.5 można w stosunku do wymagań określonych w 13.4.3.9

skorygować poprzez przemnożenie wartości r_k (obliczonej wg tabeli 13.4.3.9) przez współczynnik r_u określony w następujący sposób:



Rys. 13.4.3.11

$$r_u = \left(2 - \frac{d}{s}\right) \left(0,6 + 0,1 \frac{h}{t}\right) \quad (13.4.3.11)$$

gdzie:

d, s – wymiary pokazane na rys. 13.4.3.11;

h, t – wysokość i grubość płaskowników [mm].

Dla płyt w warunkach ściskania jednokierunkowego, wzmocnionych jak wyżej, naprężenia σ_E dla każdej z trzech części płyty powstałych w wyniku zastosowania płaskowników (rys. 13.4.3.11) można obliczać wg 13.4.3.4, tzn. zakładając, że płaskowniki stanowią sztywne podparcie płyty i pomijając przy tym obecność otworu. Płaskowniki tworzące obramowanie powinny wówczas spełniać wymagania podane w 13.3.2.1 w powiązaniu z wymaganiami podanymi w 13.5.3.2 i 13.5.3.3.

13.5 Usztywnienia

13.5.1 Wymagania ogólne

13.5.1.1 Wymiary poprzecznego przekroju poszczególnych usztywnień powinny być tak dobrane, aby były spełnione następujące wymagania:

- warunek minimalnej grubości wiązań podany w 13.2,
- warunek wytrzymałości usztywnienia na zginanie wywołane obciążeniem poprzecznym podany w 13.5.2,
- warunki stateczności usztywnienia podane w 13.3 z uwzględnieniem podanych w 13.5.3 w zakresie, w jakim mają zastosowanie.

13.5.1.2 W sytuacjach określonych w 14.7.1 może być wymagane sprawdzenie wytrzymałości usztywnień z zastosowaniem obliczeń MES wg wymagań podanych w 14.7.3.

13.5.1.3 Wymiary usztywnień przenoszących ściskające obciążenia osiowe należy określać według 13.7.3.

13.5.2 Wskaźnik przekroju

13.5.2.1 Wskaźnik przekroju netto, tzn. po odjęciu naddatków korozyjnych według 2.5 (patrz również 13.5.2.5):

- wzdłużnych i poprzecznych usztywnień dna zewnętrznego, wewnętrznego, burt oraz usztywnień szczelnych denników i wzdłużników dennych,
 - wzdłużnych i poprzecznych usztywnień pokładów i platform,
 - wzdłużnych i poprzecznych oraz poziomych i pionowych usztywnień grodzi i przegród podlegających poprzecznemu obciążeniu ciągłemu,
- powinien być nie mniejszy niż wskaźnik obliczony wg wzoru:

$$W = \frac{1000l^2 sp}{m\sigma} \quad [\text{cm}^3] \quad (13.5.2.1)$$

lecz nie mniejszy niż 15 cm³.

m – współczynnik momentu gnącego według 13.5.2.2 (patrz również 13.5.2.4) oraz tabeli 5.2.3.3.

Naprężenia dopuszczalne σ należy określać następująco (patrz również 13.5.2.3):

- dla usztywnień wzdłużnych w środkowej części statku: z tabeli 13.5.2.1, przy czym przyjęte wartości nie powinny przekraczać $\sigma_{\max} = 160k$ [MPa];
- dla usztywnień wzdłużnych w skrajnych częściach statku: $\sigma = 160k$ [MPa]; pomiędzy środkową częścią statku a częściami skrajnymi wartość σ zmienia się liniowo;
- dla usztywnień poprzecznych (pionowych i poziomych), w tym usztywnień grodzi zderzeniowej: $\sigma = 160k$ [MPa];
- dla usztywnień pozostałych grodzi wodoszczelnych: $\sigma = 220k$ [MPa];

Wartości naprężeń dopuszczalnych w usztywnieniach grodzi wzdłużnej w warunkach zalania należy przyjmować następująco:

- na poziomie osi obojętnej kadłuba statku: 220k [MPa];
- w środkowej części statku, w kierunku pokładu, naprężenia dopuszczalne zmniejszają się liniowo od wartości 220k [MPa], w rejonie osi obojętnej kadłuba, do wartości $220k \cdot (\sigma_{\text{deck}} / \sigma_{\text{neutral_axis}})$ [MPa], gdzie σ_{deck} oraz $\sigma_{\text{neutral_axis}}$ są wartościami naprężeń dopuszczalnych, podanymi w tabeli 13.5.2.1 dla grodzi wzdłużnych na poziomie pokładu i osi obojętnej;
- w środkowej części statku, w kierunku dna statku, naprężenia dopuszczalne zmniejszają się liniowo od wartości 220k [MPa] w rejonie osi obojętnej kadłuba statku do wartości $220k \cdot (\sigma_{\text{bottom}} / \sigma_{\text{neutral_axis}})$ [MPa], gdzie σ_{bottom} oraz $\sigma_{\text{neutral_axis}}$ są wartościami naprężeń dopuszczalnych, podanymi w tabeli 13.5.2.1 dla grodzi wzdłużnych na poziomie dna i osi obojętnej;
- naprężenia działające po długości kadłuba statku powinny być interpolowane zgodnie z wymaganiami 13.5.2.1, przy założeniu, że wartości dopuszczalne w skrajnych częściach statku wynoszą 220k [MPa].

σ_{dp} – naprężenia od zginania dna podwójnego w rejonie rozpatrywanej ładowni, w mocniku usztywnienia [MPa], obliczane według wymagań rozdziału 14.

Zastosowane wartości σ_{dp} nie powinny być mniejsze niż:

- $\sigma_{dp} = 15k$ [MPa] – dla ładowni do przewozów ładunków suchych,
- $\sigma_{dp} = 35k$ [MPa] – dla ładowni do przewozu ładunków płynnych lub balastu,
- $\sigma_{dp} = 50k$ [MPa] – w ładowniach masowców,
- $\sigma_{dp} = 60k$ [MPa] – w ładowniach masowców ze znakiem HC/E oraz BC-A.

Tabela 13.5.2.1
Naprężenia dopuszczalne dla usztywnień wzdłużnych w środkowej części statku

Lp.	Usztywnienia wzdłużne w rejonie	σ [MPa]
1	dna zewnętrznego:	
1.1	– w dnie podwójnym	$225k - 130f - \sigma_{dp}$
1.2	– w dnie pojedynczym	$225k - 130f$
2	dna wewnętrznego – w rejonie ładowni	$225k - 100f - \sigma_{dp}$
3	wzdłużników szczelnych	$225k - 110f$
4	burty	$225 - 130f \frac{z_n - z_\alpha}{z_n}$, max 130k na statkach jednopokładowych

Lp.	Usztywnienia wzdłużne w rejonie	σ [MPa]
5	grodzi wzdłużnych	$225 - 130f \frac{z_n - z_\alpha}{z_n}$
6	pokładu:	
6.1	– wytrzymałościowego, długiej nadbudówki i efektywnej pokładówki nad pokładem wytrzymałościowym	$225k - 130f$
6.2	– pokładów ciągłych poniżej pokładu wytrzymałościowego	$225 - 130f \frac{z_n - z_\alpha}{z_n}$

13.5.2.2 Do wzoru 13.5.2.1 należy przyjmować następujące wartości współczynnika momentu gnącego m :

- $m = 12$ – dla ciągłych usztywnień wzdłużnych,
- $m = 10$ – dla nieciągłych usztywnień wzdłużnych i usztywnień poprzecznych,
- $m = 7,5$ – dla usztywnień pionowych podpartych swobodnie,
- $m = 10$ – dla usztywnień pionowych, jeżeli można uznać, że są one utwierdzone na obu końcach.

W przypadku usztywnień grodzi wodoszczelnych przewidzianych do przenoszenia ciśnienia wody morskiej po zalaniu przedziału:

- $m = 16$ – dla usztywnienia utwierdzonego na obu końcach,
- $m = 12$ – dla usztywnienia utwierdzonego na jednym (niższym) końcu i swobodnie podpartego na drugim,
- $m = 8$ – dla usztywnienia swobodnie podpartego na obu końcach.

Uwaga: Podane wyżej wartości współczynnika m dla grodzi wodoszczelnych zostały ustalone przy założeniu występowania przegubów plastycznych na utwierdzonych końcach i nie należy ich porównywać z wartościami współczynnika m dla zakresu ugięć sprężystych.

13.5.2.3 Usztywnienia i poszycie powinny w zasadzie być wykonane ze stali o tej samej granicy plastyczności. Jeśli zastosowano usztywnienie ze stali o wyższej granicy plastyczności niż poszycie, to do obliczeń należy przyjąć taką wartość σ jak dla materiału płyty. Jeżeli jednak obliczone naprężenie w poszyciu jest niższe od dopuszczalnego, to wartość σ dla usztywnienia można zwiększyć, mnożąc ją przez współczynnik o wartości nieprzekraczającej k_u/k_p (k_u – współczynnik materiałowy dla usztywnienia, k_p – współczynnik materiałowy dla poszycia).

13.5.2.4 W wyjątkowych przypadkach usztywnienia mogą być ścięte na końcach, jeżeli poszycie podparte przez usztywnienie ma grubość nie mniejszą niż grubość obliczona wg wzoru:

$$t = 1,25 \sqrt{\frac{(l-0,5s)sp}{k}} + t_k \quad [\text{mm}] \quad (13.5.2.4)$$

W takim przypadku wskaźnik przekroju usztywnienia należy obliczać wg wzoru 13.5.2.1, przyjmując:

$$m = 8; \quad \sigma = 145k \quad [\text{MPa}].$$

13.5.2.5 Projektowe wartości wskaźników przekroju usztywnień (znajdujących się w rejonie A lub B w rozumieniu podrozdziału 2.5) powinny być odpowiednio zwiększone w stosunku do wartości W obliczonych według wzoru 13.5.2.1, w związku z koniecznością zastosowania naddatków korozyjnych.

Dla usztywnień spawanych ze środnika i mocnika lub wykonanych z płaskowników odpowiednia wartość t_k (patrz 2.5) powinna być dodana do grubości środnika i mocnika, zapewniających wymagany wskaźnik przekroju netto.

Dla usztywnień wykonanych z kształtowników walcowanych projektowa wartość wskaźnika przekroju może być obliczona jako iloczyn W obliczonego według wzoru 13.5.2.1 i współczynnika w_k o wartości:

– w przypadku kątowników:

$$w_k = 1 + 0,1t_k \quad (13.5.2.5-1)$$

– w pozostałych przypadkach:

$$w_k = 1 + 0,06t_k \quad (13.5.2.5-2)$$

t_k – naddatek korozyjny, patrz 2.5.

13.5.3 Stateczność usztywnień

13.5.3.1 Wymiary przekroju poprzecznego:

- wzdłużnych usztywnień dna, burt, pokładu wytrzymałościowego i grodzi wzdłużnych biorących udział w wytrzymałości wzdłużnej statku,
- usztywnień i wiązarów podporowych grodzi i burt,
- podpór,
- łączników,
- rzędów pokładników stosowanych na poziomie wzdłużników burtowych w skrajnikach,
- usztywnień środków wiązarów

powinny odpowiadać wymaganiom w zakresie stateczności podanym w 13.3, przy zastosowaniu teoretycznych naprężeń krytycznych σ_E podanych niżej. Należy przy tym uwzględnić następujące postacie możliwej utraty stateczności usztywnienia:

- wyboczenie giętne całego usztywnienia,
- wyboczenie skrętne całego usztywnienia,
- miejscowe wyboczenie środka usztywnienia,
- zwichrzenie mocnika usztywnienia.

13.5.3.2 Przy sprawdzaniu stateczności usztywnień wzdłużnych, poddanych działaniu obciążeń ściskających wywołanych ogólnym zginaniem kadłuba, podporowych usztywnień grodzi, podpór, łączników i rzędów pokładników w skrajniku dziobowym oraz wzdłużnych usztywnień środków wiązarów w zakresie wyboczenia giętnego – teoretyczne naprężenia krytyczne, σ_E , można określić wg wzoru:

$$\sigma_E = 0,001E \frac{I_\alpha}{A l^2} \quad [\text{MPa}] \quad (13.5.3.2)$$

I_α – moment bezwładności poprzecznego przekroju usztywnienia (bez naddatku korozyjnego) względem osi prostopadłej do spodziewanego kierunku wyboczenia, czyli prostopadle do poszycia [cm^4];

A – pole poprzecznego przekroju usztywnienia [cm^2];

W obliczeniach wartości I_α oraz A można uwzględnić pas współpracujący o szerokości równej odstępowi usztywnień i grubości równej t_n – patrz 13.4.3.4.

Wartość σ_E obliczona według wzoru 13.5.3.2 odnosi się do przypadku osiowego ściskania i swobodnego podparcia obu końców usztywnienia.

Jeżeli w szczególnym przypadku zostanie stwierdzone, że jeden koniec usztywnienia można uznać za utwierdzony, to obliczoną wartość σ_E można zwiększyć dwukrotnie, a jeżeli oba końce usztywnienia są utwierdzone, to wartość σ_E można zwiększyć czterokrotnie.

Można uznać, że warunki utwierdzenia końców elementu podporowego występują, jeżeli:

- są one przyłączone do wiązarów mających w stosunku do elementu podporowego znaczną sztywność giętą w dwóch prostopadłych kierunkach;
- ich końce są związane z wiązarami za pomocą węzłówek.

13.5.3.3 Przy sprawdzaniu stateczności usztywnienia w zakresie wybożenia skrętnego wartość σ_E można obliczać wg wzoru:

$$\sigma_E = \frac{\pi^2 E I_w}{10^4 I_0 l^2} \left(m^2 + \frac{K}{m^2} \right) + 0,385 E \frac{I_t}{I_0} \quad [\text{MPa}] \quad (13.5.3.3-1)$$

$$K = \frac{c l^4}{\pi^4 E I_w} 10^6 \quad (13.5.3.3-2)$$

m – liczba półfal formy utraty stateczności; można ją określić według zależności:

$(m-1)^2 m^2 < K \leq m^2 (m+1)^2$, według której:

$m = 1$ przy $0 < K \leq 4$,

$m = 2$ przy $4 < K \leq 36$,

$m = 3$ przy $36 < K \leq 144$,

$m = 4$ przy $144 < K \leq 400$;

I_w – wycinkowy moment bezwładności poprzecznego przekroju usztywnienia względem punktu styku usztywnienia z poszyciem $[\text{cm}^6]$:

– dla płaskowników

$$I_w = \frac{h_s^3 t_s^3}{36} 10^{-6} \quad (13.5.3.3-3)$$

– dla teowników

$$I_w = \frac{t_m b_m^3 h_s^2}{12} 10^{-6} \quad (13.5.3.3-4)$$

– dla kątowników i płaskowników łebkowych

$$I_w = \frac{b_m^3 h_s^2}{12(b_m + h_s)^2} [t_m (b_m^2 + 2b_m h_s + 4h_s^2) + 3t_s b_m h_s] 10^{-6} \quad (13.5.3.3-5)$$

h_s – wysokość środnika $[\text{mm}]$;

t_s – grubość środnika $[\text{mm}]$, z uwzględnieniem standardowego potrącenia grubości według 13.4.3.4, czyli przyjmując $t_s = t_n$;

b_m – szerokość mocnika $[\text{mm}]$;

t_m – grubość mocnika $[\text{mm}]$, z uwzględnieniem standardowego potrącenia grubości według 13.4.3.4. W przypadku płaskowników łebkowych należy przyjąć średnią grubość t_b ;

l – rozpiętość usztywnienia $[\text{m}]$;

I_0 – biegunowy moment bezwładności poprzecznego przekroju usztywnienia względem punktu styku usztywnienia z poszyciem $[\text{cm}^4]$:

– dla płaskowników

$$I_0 = \frac{h_s^3 t_s}{3} 10^{-4} \quad (13.5.3.3-6)$$

– dla usztywnień z mocnikiem

$$I_0 = \left[\frac{h_s^3 t_s}{3} + h_s^2 b_m t_m \right] 10^{-4} \quad (13.5.3.3-7)$$

I_t – moment bezwładności Saint Venanta poprzecznego przekroju usztywnienia (bez pasa współpracującego) $[\text{cm}^4]$:

– dla płaskowników

$$I_t = \frac{h_s t_s^3}{3} 10^{-4} \quad (13.5.3.3-8)$$

– dla usztywnień z mocnikiem

$$I_t = \frac{1}{3} \left[h_s t_s^3 + b_m t_m^3 \left(1 - 0,63 \frac{t_m}{b_m} \right) \right] 10^{-4} \quad (13.5.3.3-9)$$

c – stała sprężystości usztywnienia i dołączonego pasa poszycia:

$$c = \frac{k_p E t_p^3}{3s \left(1 + \frac{1,33 k_p h_s t_p^3}{1000 s t_s^3} \right)} 10^{-3} \quad (13.5.3.3-10)$$

$$k_p = 1 - r, \text{ lecz nie mniej niż } k_p = 0, \quad (13.5.3.3-11)$$

$$r = \frac{\sigma_r}{\sigma_{Ep}} \quad (13.5.3.3-12)$$

σ_r – obliczeniowe naprężenie ściskające [MPa]; dla wzdłużnych pokładników, wręgów dna i burt oraz usztywnień grodzi wzdłużnych – patrz 13.3.2.7;

σ_{Ep} – teoretyczne naprężenie krytyczne dołączonego pasa poszycia, określone według 13.4.3.4;

t_p – grubość poszycia, [mm], przy uwzględnieniu standardowego potrącenia według 13.4.3.4.

Dla usztywnień mających mocniki przyjęta wartość współczynnika k_p nie musi być mniejsza niż 0,1.

13.5.3.4 Przy sprawdzaniu stateczności usztywnienia w zakresie miejscowego wyboczenia środka wartość σ_E można obliczać wg wzoru:

$$\sigma_E = 3,8E \left(\frac{t_s}{h_s} \right)^2 \text{ [MPa]} \quad (13.5.3.4)$$

h_s – patrz 13.1.2;

t_s – grubość środka [mm] przy uwzględnieniu standardowego potrącenia wg 13.4.3.4.

13.5.3.5 Stateczność mocnika wzdłużnego usztywnienia wykonanego z kątownika lub teownika można uznać za wystarczającą, gdy spełniony jest warunek:

$$t_m \geq \frac{1}{15} b_m \sqrt{k} \quad (13.5.3.5)$$

b_m – szerokość mocnika dla kątownika lub połowa szerokości mocnika dla teownika;

t_m – projektowa grubość mocnika;

t_m – projektowa grubość mocnika;

k – współczynnik materiałowy.

13.5.3.6 Usztywnienia podpierające płyty poszycia, poddane w ich płaszczyznach ściskaniu w kierunku prostopadłym do usztywnień (na przykład poprzeczne pokładniki pokładu wytrzymałościowego, pionowe wręgi burtowe i usztywnienia grodzi wzdłużnych) powinny mieć moment bezwładności poprzecznego przekroju wraz z pasem współpracującym poszycia nie mniejszy niż moment obliczony według wzoru:

$$I = \frac{0,09 \sigma_r \sigma_E l^4 s}{t} \text{ [cm}^4\text{]} \quad (13.5.3.6-1)$$

t – grubość poszycia [mm];

σ_r – naprężenie ściskające [MPa] działające w płytach poszycia prostopadle do usztywnienia;

$$\sigma_E = 1,18 \sigma_r \text{ [MPa]} - \text{w przypadku gdy } \sigma_E \leq 0,5 R_e; \quad (13.5.3.6-2)$$

$$\sigma_E = \frac{R_e^2}{4(R_e - 1,18 \sigma_r)} \text{ [MPa]} - \text{w pozostałych przypadkach}; \quad (13.5.3.6-3)$$

l, s – patrz 13.1.2.

13.6 Wiązary zwykłe

13.6.1 Wymagania ogólne

Wiązary zwykłe powinny mieć taką konstrukcję oraz wymiary elementów, aby były spełnione wymagania w zakresie:

- minimalnej grubości podane w 13.2,
- wskaźnika przekroju podane w 13.6.2,
- pola poprzecznego przekroju środka podane w 13.6.3,
- stateczności podane w 13.6.4.

13.6.2 Wskaźnik przekroju

13.6.2.1 Wskaźnik przekroju wiązara przenoszącego ciągłe obciążenia poprzeczne należy obliczać wraz z pasem współpracującym, określonym według wskazań podanych w 3.2.2, względem osi obojętnej równoległej do poszycia. Wskaźnik dla przekroju netto (tzn. po odjęciu naddatków korozyjnych według 2.5, jeżeli są wymagane) powinien spełniać warunek:

$$W \geq \frac{1000l^2bp}{m\sigma} \quad [\text{cm}^3] \quad (13.6.2.1-1)$$

l, b, p – patrz 13.1.2;

σ – naprężenia dopuszczalne określone następująco:

- dla ciągłych wzdłużnych wiązarów w środkowej części statku

$$\sigma = 190k - 130f \frac{z_n z_\alpha}{z_n} \quad [\text{MPa}] \quad (13.6.2.1-2)$$

lecz nie więcej niż 160k [MPa];

- dla wiązarów wzdłużnych w skrajnych częściach statku

$$\sigma = 160k \quad [\text{MPa}]$$

Pomiędzy środkową częścią statku a częściami skrajnymi wartość σ zmienia się liniowo;

- dla wiązarów poprzecznych i pionowych

$$\sigma = 160k \quad [\text{MPa}]$$

m – współczynnik momentu gnącego (patrz 5.2.3.3); w większości przypadków można przyjąć $m = 10$.

13.6.2.2 Projektowe wartości W można wyznaczyć, stosując zasady identyczne do podanych w punkcie 13.5.2.5.

13.6.3 Pole przekroju środka

13.6.3.1 Efektywne pole poprzecznego przekroju środka wiązara obciążonego ciągłym obciążeniem poprzecznym, określone według zasad podanych w 3.2.3, powinno spełniać warunek:

$$A \geq \frac{ck_1lp}{k} 0,01h_s t_k \quad [\text{cm}^2] \quad (13.6.3.1)$$

$c = 0,75$ – dla środka wiązarów grodzi wodoszczelnych (nie dotyczy to grodzi zderzeniowej),

$c = 1,0$ – we wszystkich innych przypadkach;

$k_1 = 0,06$ – dla ciągłych poziomych wiązarów oraz górnych końców pionowych wiązarów burt i grodzi,

$k_1 = 0,08$ – dla dolnych końców pionowych wiązarów burt i grodzi,

$k_1 = 0,07$ – dla wiązarów pokładowych;

l, b, p, h_s, t_k – patrz 13.1.2.

13.6.3.2 W środku rozpiętości wiązara pole przekroju jego środka powinno być nie mniejsze niż połowa pola przekroju obliczonego wg wzoru 13.6.3.1.

13.6.4 Stateczność wiązarów

13.6.4.1 Stateczność wiązarów obciążonych osiowo (spełniających rolę podpór oraz łączników) należy sprawdzać według wskazań podanych w 13.7.3 i 13.7.4.

13.6.4.2 Przy sprawdzaniu stateczności wiązarów przenoszących obciążenia poprzeczne oraz ewentualnie dodatkowo – obciążenia osiowe od ogólnego zginania kadłuba – obowiązują następujące zasady:

- stateczność w sensie wybożenia giętnego całego wiarza w zasadzie może nie być sprawdzana;
- uznaje się, że wymagania w zakresie stateczności wiarza w sensie wybożenia skrętnego i wicherzenia mocnika są spełnione, jeżeli zastosowano wymagania podane w 3.6.2 i 3.6.4;
- środniki wiązarów powinny spełniać kryteria stateczności w sensie lokalnego wybożenia podane w 13.3.2.2, 13.3.2.3 lub 13.3.2.5 dla obliczeniowych wartości naprężeń określonych wg 13.3.2.7 lub 13.3.2.10. W tym celu może być wymagane ich usztywnienie lub wzmocnienie wg wymagań podanych w 3.6.3.

13.6.4.3 Wiązary stanowiące podparcie dla usztywnień wzdłużnych (pokładników, wręgów, usztywnień grodzi wzdłużnych) lub podpierające inne usztywnienia poddane osiowemu ścisaniu powinny mieć moment bezwładności poprzecznego przekroju (wraz z pasem współpracującym) nie mniejszy, niż moment obliczony wg wzoru:

$$I = 0,3 \frac{l_w^4 I_u}{b^3 s} \quad [\text{cm}^4] \quad (13.6.4.3-1)$$

l_w – rozpiętość wiarza [m];

b – odstęp wiązarów [m];

s – odstęp usztywnień [m];

$I_u = \frac{\sigma_E A l^2}{0,001 E}$ [cm⁴] – moment bezwładności przekroju ściskanego usztywnienia, konieczny do spełnienia wymagań podanych w 13.5.3.2;

$\sigma_E = 1,18 \sigma_r$ [MPa] – jeżeli $\sigma_E \leq 0,5 R_e$; (13.6.4.3-2)

$\sigma_E = \frac{R_e^2}{4(R_e - 1,18 \sigma_r)}$ [MPa] – w pozostałych przypadkach; (13.6.4.3-3)

σ_r – naprężenie ściskające w usztywnieniu [MPa];

A – pole poprzecznego przekroju usztywnienia, określone jak w 13.5.3.2 [cm²];

l – rozpiętość usztywnienia [m].

13.7 Podpory i wiązania ściskane

13.7.1 Zastosowanie

Wymagania podrozdziału 13.7 odnoszą się do wiązań przenoszących osiowe obciążenia ściskające: podpór pokładowych, pionowych usztywnień i wiązarów grodzi podpierających pokłady, usztywnień rozpierających burty w skrajnikach oraz łączników w zbiornikach.

13.7.2 Wymagania ogólne

13.7.2.1 Jeżeli jest to możliwe, podpory pokładowe należy umieszczać w jednej linii z podporami wyższymi i niższymi.

13.7.2.2 Pod pokładami i platformami w przedziale maszynowym pomiędzy burtowymi wręgami ramowymi i podporami pokładowymi należy zastosować pokładniki ramowe, tak aby powstała ciągła konstrukcja ramowa.

13.7.3 Podpory i usztywnienia podporowe

13.7.3.1 Naprężenie krytyczne σ_c podpór, łączników i usztywnień podporowych, obliczone według 13.5.3 oraz 13.3.2.2, powinno być nie mniejsze niż naprężenie obliczone wg wzoru:

$$\sigma = \frac{10P}{Ak_1} \text{ [MPa]} \quad (13.7.3.1-1)$$

P – obciążenie osiowe określone według 13.7.3.2, 13.7.4 lub w oparciu o analizę strefowej wytrzymałości konstrukcji zgodnie z wymaganiami rozdziału 14 [kN];

$$k_1 = \frac{k_2}{1+i}, \text{ lecz nie mniej niż } 0,3; \quad (13.7.3.1-2)$$

$k_2 = 0,5$ – dla wiązań podporowych pokładu otwartego w rejonie $x \geq 0,4L_0$ oraz łączników i usztywnień rozporowych w zbiornikach burtowych i skrajnikach;

$k_2 = 0,6$ – dla wiązań podporowych pokładu otwartego, jeżeli w obliczeniach zastosowano wartości obciążeń morskich;

$k_2 = 0,7$ – w pozostałych przypadkach;

$i = \sqrt{\frac{I_\alpha}{A}}$ – promień bezwładności poprzecznego przekroju wiązania podporowego [cm];

I_α, A – patrz 13.5.3.2;

L – długość podpory, łącznika lub usztywnienia podpartego [m].

13.7.3.2 Nominalną siłę osiową w podporach pokładowych należy obliczać wg wzoru:

$$P = \sum P_i \text{ [kN]} \quad (13.7.3.2)$$

P_i – siła składowa przenoszona na rozpatrywaną podporę z i -tego pokładu [kN].

Siłę składową pochodzącą od wiązarów pokładowych należy przyjąć jako równą połowie sumy obciążeń poprzecznych działających na wiązary podparte przez rozpatrywaną podporę.

13.7.4 Łączniki i usztywnienia rozporowe

Wymagane pole przekroju poprzecznego łączników ścian zbiorników oraz usztywnień rozporowych w skrajnikach należy określać według 13.7.3.1, przyjmując $k_2 = 0,5$ oraz siłę osiową o wartości obliczonej wg wzoru:

$$P = lbp \text{ [kN]} \quad (13.7.4)$$

l – średnia długość wiązara lub wręgu podpartego przez łącznik lub usztywnienie rozporowe [m];

b – szerokość pasa poszycia podpartego przez wiązara lub wręg, określona tak jak w punkcie 3.2.2.3.

13.8 Węzłówki

13.8.1 Zastosowanie

Wymagania niniejszego podrozdziału mają zastosowanie do węzłówek mocujących końce usztywnień i wiązarów do innych konstrukcji.

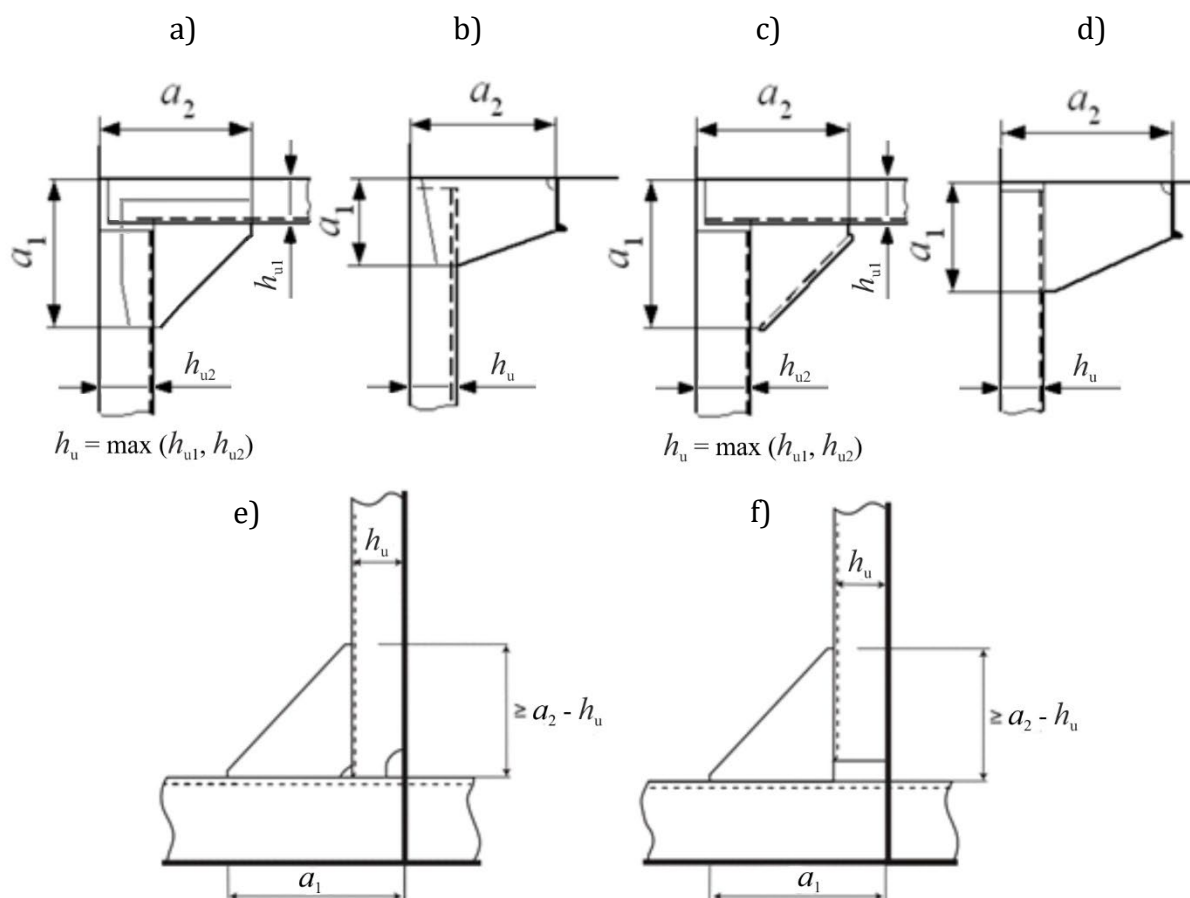
13.8.2 Węzłówki usztywnień

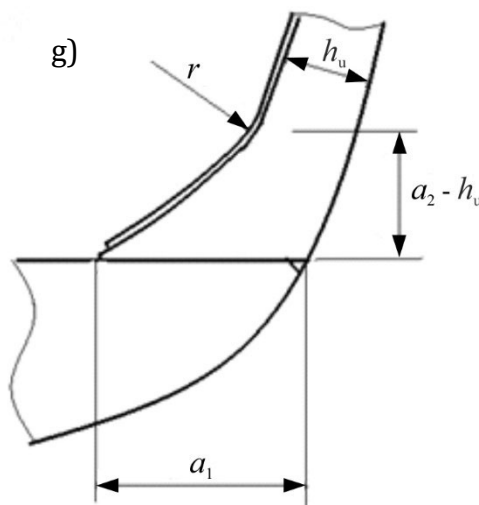
13.8.2.1 Usztywnienia wszystkich rodzajów powinny być zakończone węzłówkami. W szczególnych przypadkach może być dopuszczone zamocowanie bezwęzłówkowe lub ukosowanie końców usztywnienia (patrz 13.8.2.7 i 13.8.2.8).

Węzłówki typu nakładkowego (patrz warianty a) i b) na rys. 13.8.2.3) w zasadzie mogą być stosowane tylko w sytuacjach gdzie moment zginający w usztywnieniu, w rejonie węzłówki, jest znacznie mniejszy niż ekstremalna wartość momentu zginającego w całym usztywnieniu. Oznacza to, że węzłówki typu nakładkowego są na ogół dopuszczalne na górnych końcach wręgów burtowych i pionowych usztywnień grodzi.

13.8.2.2 Jeżeli ciągłość wzdłużnych usztywnień jest zapewniana dzięki połączeniom węzłowym z wiązarami lub grodziami poprzecznymi, to należy zapewnić osiowość węzłówek z obu stron wiązara/grodzi. Wymiary i konstrukcja węzłówek powinny być takie, że wskaźnik wytrzymałości i pole przekroju na ścinanie węzłówki wraz z usztywnieniem (lub samej węzłówki, gdy koniec usztywnienia nie jest spawany do wiązara/grodzi) nie powinny być mniejsze niż wartość tych parametrów samego usztywnienia. PRS może wymagać obliczeń trwałości zmęczeniowej tego typu węzłów konstrukcji kadłuba wg wymagań *Publikacji 45/P – Analiza wytrzymałości zmęczeniowej stalowego kadłuba statku*.

13.8.2.3 Wymiary węzłówek usztywnień niewpływających na wytrzymałość wzdłużną powinny odpowiadać wymaganiom punktów 13.8.2.4 do 13.8.2.8 (patrz również rys. 13.8.2.3 oraz rys. 3.2.1.1).





Rys. 13.8.2.3. Końcowe węzłówki usztywnień

13.8.2.4 Grubość węzłówki netto t_w powinna być nie mniejsza od obliczonej wg wzoru:

$$t_w = (2 + k_1 \sqrt{W}) \sqrt{\frac{R_{e-u}}{R_{e-w}}} \quad [\text{mm}] \quad (13.8.2.4)$$

W – przepisowy wskaźnik netto przekroju usztywnienia (najmniejszy, jeżeli do węzłówki przyłączono więcej niż jedno usztywnienie) [cm³];

$k_1 = 0,2$ dla węzłówek z zagięciem lub mocnikiem wzdłuż swobodnej krawędzi,

$k_1 = 0,3$ dla węzłówek bez zagięć lub mocników;

R_{e-w} – granica plastyczności materiału węzłówki [MPa];

R_{e-u} – granica plastyczności materiału usztywnienia [MPa].

Grubość węzłówki t_w powinna być przy tym nie mniejsza niż 6 mm.

Jeżeli koniec usztywnienia nie jest spawany do poszycia lub mocnika drugiego usztywnienia (patrz warianty a), b), c), d) i f) na rys. 13.8.2.3) to grubość netto węzłówki powinna być także nie mniejsza niż grubość netto średnika takiego nieciągniętego usztywnienia, a granica plastyczności materiału węzłówki nie mniejsza niż granica plastyczności materiału takiego usztywnienia.

13.8.2.5 Długość ramienia węzłówki a powinna być nie mniejsza od obliczonej wg wzoru:

$$a = c \sqrt{\frac{W}{t_w}} \quad [\text{mm}] \quad (13.8.2.5-1)$$

W, t_w – wg 13.8.2.4;

a – patrz a_1 i a_2 na rys. 13.8.2.3 oraz zapisane w niniejszym punkcie dalsze wymagania;

$c = 65$ dla węzłówek z zagięciem lub mocnikiem wzdłuż swobodnej krawędzi,

$c = 70$ dla węzłówek bez zagięć lub mocników.

Przyjęta wartość a powinna być także nie mniejsza niż:

a) $1,8h_u$ – gdy końce usztywnień są połączone spawaniem ze sobą lub z poszyciem, a węzłówka jest usytuowana w płaszczyźnie średników usztywnień (lub nieco przesunięta z tej płaszczyzny, aby możliwe było jej spawanie) – podobnie do wariantów e) i g) na rys. 13.8.2.3 (wartość h_u w [mm] – patrz rys. 13.8.2.3.);

b) $2,2h_u$ – w pozostałych przypadkach połączeń usztywnień (podobnych do wariantów a), b), c), d) i f) na rys. 13.8.2.3);

- c) $2h_u$ – w sytuacjach, gdy usztywnienie poszycia jest połączone z wiązarem lub z grodzią (patrz pionowe usztywnienia w wariantach f).

Jeżeli ramiona węzłówki mają różne długości a_1 i a_2 , to ich suma powinna być nie mniejsza niż $2a$, przy czym długość krótszego ramienia powinna być nie mniejsza niż $0,8a$ (patrz rys. 13.8.2.3).

W przypadku węzłówki jak w wariacie d) na rys. 13.8.2.3 (dostawionej krawędzią do mocnika usztywnienia) wymiar a_1 powinien być nie mniejszy niż h_u , a wymiar a_2 – nie mniejszy niż $0,8a$.

W przypadku usztywnienia zakończonego węzłówką integralną, promień r (patrz wariant g) na rys. 13.8.2.3) powinien być nie mniejszy niż:

$$r = 1,6 \frac{b_1^2}{t_m} \text{ [mm]} \quad (13.8.2.5-2)$$

gdzie:

b_1 – odległość pomiędzy krawędzią mocnika a środkiem (większa wartość spośród dwóch odległości w przypadku kątownika o asymetrycznym mocniku) [mm];

t_m – grubość mocnika [mm].

Jeżeli długość swobodnej krawędzi węzłówki przekracza $50t_w$, to krawędź ta powinna mieć zagięcie lub mocnik o szerokości b nie mniejszej niż szerokość określona wg wzoru:

$$b = 45 \left(1 + \frac{W}{2000} \right) \text{ [mm]} \quad (13.8.2.5-3)$$

i nie mniejszej niż 50 mm.

W – patrz 13.8.2.4.

13.8.2.6 Konstrukcja połączenia usztywnienia poszycia z węzłówką powinna spełniać warunek, że w każdym miejscu połączenia (w każdym przekroju poprzecznym w obrębie węzłówki) wskaźnik wytrzymałości nie jest mniejszy od wymaganego dla usztywnienia.

13.8.2.7 Połączenia bezwęzłówekowe mogą być stosowane dla usztywnień wzdłużnych i innych usztywnień przechodzących w sposób ciągły przez wiązary (wręgi ramowe, pokładniki ramowe, grodzie), jeżeli będą przewidziane wystarczające połączenia spawane (w odniesieniu do usztywnień wzdłużnych patrz również 6.2.2.2 i 8.2.2).

13.8.2.8 Usztywnienia z ukosowaniem końców mogą być stosowane w rejonach o małych obciążeniach dynamicznych oraz tam, gdzie drgania nie mają istotnego znaczenia, jeżeli grubość poszycia podpartego przez te usztywnienia jest nie mniejsza niż grubość określona wg wzoru:

$$t = 1,25 \sqrt{\frac{(l-0,5s)p}{k}} \text{ [mm]} \quad (13.8.2.8)$$

l – rozpiętość usztywnienia [m];

s – odstęp usztywnień [m];

p – ciśnienie działające na poszycie podparte przez rozpatrywane usztywnienie [kPa].

Koniec ukosowanego usztywnienia powinien być usytuowany w odległości od środka wiązara, poszycia pokładu, grodzi, itp., nie większej niż dwie grubości poszycia i nie większej niż 40 mm. Wysokość ściętego końca usztywnienia nie powinna być większa niż jego grubość, ale nie musi być mniejsza niż 15 mm.

13.8.3 Połączenia wiązarów

13.8.3.1 Końce wiązarów powinny być połączone z końcami przyległych wiązarów tworzących ramy lub z przyległą konstrukcją za pomocą węzłówek.

Swobodna krawędź węzłówki powinna być ukształtowana według łuku okręgu lub z zaokrągleniami końców i powinna być usztywniona.

Połączenia wiązarów mogą być bezwęzłówkowe, jeżeli konstrukcja węzła zapewnia odpowiednie podparcie przyległym mocnikom.

13.8.3.2 Grubość węzłówek wiazara powinna być nie mniejsza, niż grubość jego środka.

Węzłówki wiązarów powinny mieć wzdłuż swobodnych krawędzi mocniki o polu przekroju poprzecznego nie mniejszym niż pole określone wg wzoru:

$$A_{mw} = l_w t_w \quad [\text{cm}^2] \quad (13.8.3.2)$$

l_w – długość swobodnej krawędzi węzłówki [m];

jeżeli długość ta przekracza 1,5 m, to węzłówka powinna mieć dodatkowe usztywnienie równoległe do mocnika, w odległości od niego nieprzekraczającej 0,15 m, przy czym pole poprzecznego przekroju mocnika powinno wynosić 60% pola obliczonego wg wzoru, a pole poprzecznego przekroju usztywnienia – 40% pola obliczonego wg wzoru;

t_w – grubość węzłówki [mm].

Jeżeli mocnik wiazara przechodzi bezpośrednio w mocnik węzłówki, to w miarę możliwości zmiana wymiarów mocnika powinna być płynna. Jeżeli mocnik wiazara nie przechodzi w mocnik węzłówki, to powinien być poprowadzony wystarczająco daleko poza zakończenie węzłówki.

13.8.3.3 Długość ramienia węzłówki wraz z wysokością wiazara należy określać wg wzoru:

$$a_w = c \sqrt{\frac{W}{t_w}} \quad [\text{mm}] \quad (13.8.3.3)$$

W – wymagany wskaźnik przekroju wiazara łączonego węzłówką [cm^3];

t_w – grubość węzłówki [mm];

$c = 63$ w przypadku łączenia wiązarów dna i pokładu,

$c = 88$ w innych przypadkach;

inne wartości c mogą być przyjęte po odrębnym rozpatrzeniu przez PRS.

13.8.3.4 Naprężenia normalne w środku długości swobodnej krawędzi węzłówki nie powinny przekraczać naprężeń dopuszczalnych podanych w 14.4, zwiększonych o:

- 25% dla konstrukcji połączenia wiązarów, gdy węzłówka z usztywnioną krawędzią jest spawana do mocników łączonych wiązarów,
- 45% dla konstrukcji, gdy węzłówka jest integralną częścią obu wiązarów, a jej mocnik jest przedłużeniem mocników wiązarów.

13.8.3.5 W bezwęzłówkowych połączeniach wiązarów wymagane pole przekroju poprzecznego mocnika może być stopniowo zmniejszane poza krzyżującym się mocnikiem. W przypadku mocnika rozciąganego – dopuszczalne naprężenia rozciągające należy zmniejszyć, jeżeli może powstać rozwarstwienie mocnika ciągłego.

Grubość środka wiazara w obrębie połączenia bezwęzłówkowego (patrz rys. 13.8.3.5) powinna być nie mniejsza niż większa z wartości otrzymanej wg wzorów:

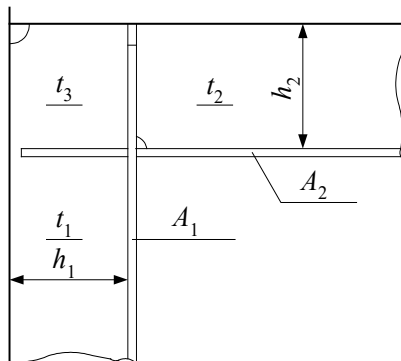
$$t_3 = \frac{\sigma_1 A_1}{k_t h_2} - \frac{\tau_2 t_2}{k_t 100} \quad [\text{mm}] \quad (13.8.3.5-1)$$

$$t_3 = \frac{\sigma_2 A_2}{k_t h_1} - \frac{\tau_1 t_1}{k_t 100} \quad [\text{mm}] \quad (13.8.3.5-2)$$

A_1, A_2 – wymagane minimalne wartości pola poprzecznego przekroju mocnika wiązarów 1 i 2 [cm^2];

h_1, h_2 – wysokość środków wiązarów 1 i 2 [mm];

- t_1, t_2 – minimalne wymagane grubości (poza rejonem 3) środników wiązarów 1 i 2 [mm];
 σ_1, σ_2 – naprężenia normalne od zginania wiązarów 1 i 2 [MPa];
 τ_1, τ_2 – naprężenia styczne w środnikach wiązarów 1 i 2 [MPa];
 k_t – współczynnik materiałowy płyty narożnej (rejon 3) środnika.



Rys. 13.8.3.5. Bezwęzłowe połączenie wiązarów

14 WYTRZYMAŁOŚĆ STREFOWA, OGÓLNA I MIEJSCOWA, ZASADY OBLICZEŃ METODĄ ELEMENTÓW SKOŃCZONYCH

14.1 Zasady ogólne

14.1.1 Zastosowanie

14.1.1.1 Wymagania niniejszego rozdziału mają zastosowanie do:

- analizy wytrzymałości systemu wiązarów kadłuba statku;
- analizy wytrzymałości ogólnej kadłubów w sytuacjach, gdy nie może być wykonana ocena wytrzymałości wg wymagań rozdziału 15 (np. statki z nadbudówkami w części środkowej, statki z szerokimi lukami w pokładach, itp.);
- oceny wytrzymałości usztywnień kadłuba w sytuacjach, gdy nie mogą być zastosowane metody i kryteria podane w 13.5 oraz oceny poziomu naprężeń w rejonach spiętrzeń naprężeń (np. węzłówki, krawędzie otworów i wycięć, itp.).

Obliczone wartości naprężeń mogą być stosowane w analizie stateczności poszycia, środników wiązarów i usztywnień wg kryteriów podanych w 13.3.2 i 13.4.3.

14.1.1.2 Przypadki, w których wymagane jest przeprowadzenie analizy naprężeń, są omówione w następujących rozdziałach:

- 18 – dla kontenerowców,
- 19 – dla statków poziomego ładowania,
- 20 – dla masowców,
- 21 – dla zbiornikowców.

14.2 Obciążenia obliczeniowe

14.2.1 Analiza naprężeń powinna być przeprowadzona dla najbardziej niekorzystnych realnych stanów obciążenia statku:

- całkowicie załadowanego,
- częściowo załadowanego,
- pod balastem (z uwzględnieniem operacji balastowych w czasie mycia zbiorników),
- podczas przeładunku.

Dla warunków morskich należy rozważyć realne kombinacje zewnętrznych i wewnętrznych obciążeń dynamicznych, określonych w rozdziale 16. Dla warunków portowych obciążenia dynamiczne można pominąć. Obciążenia wywołane masą konstrukcji pokładów można pominąć, jeżeli ich wartość jest mniejsza niż 5% obciążeń obliczeniowych.

Wskazania odnoszące się do obliczeniowych stanów obciążenia konstrukcji podane są również w rozdziałach wymienionych w 14.1.1.2.

14.3 Ocena wytrzymałości systemu wiązarów kadłuba na podstawie belkowych modeli MES

14.3.1 Zastosowanie

14.3.1.1 Termin „belkowe modele MES” oznacza modele w formie belek ciągłych, rusztów, ram płaskich i ram przestrzennych.

Modele takie mogą być zaakceptowane w przypadku analizy wytrzymałości strefowej modułów konstrukcji kadłuba złożonych z płaskich lub prawie płaskich usztywnionych fragmentów poszycia, wzmocnionych wiązarami (takich jak burty, dno, pokłady, grodzie), które można uznać za smukłe.

14.3.1.2 Analizę strefowej wytrzymałości konstrukcji o silnie zmiennych kształtach (takich jak kadłuby bez wstawki cylindrycznej lub części skrajne kadłubów) należy wykonywać wg wymagań podrozdziału 14.4.

14.3.2 Zasady modelowania konstrukcji

14.3.2.1 Elementy belkowe modelu MES w zasadzie powinny znajdować się w osi obojętnej rozpatrywanego przekroju.

W przypadku wiązarów teowych spawanych do poszycia dopuszczalne jest umieszczenie elementów w linii styku środka wiązara z poszyciem.

14.3.2.2 Obliczenia MES z zastosowaniem elementów belkowych należy wykonywać w zakresie liniowo-sprężystym, z uwzględnieniem odkształceń od zginania, ścinania, skręcania, rozciągania i ściskania.

14.3.2.3 Charakterystyki wytrzymałościowe poprzecznych przekrojów elementów modelu (pole przekroju, moment bezwładności i wskaźniki wytrzymałości przekroju, sztywność na skręcanie) należy wyznaczać dla grubości netto elementów konstrukcyjnych, tzn. po potrąceniu nadatków korozyjnych wg 2.5.

14.3.2.4 Moment bezwładności i wskaźniki wytrzymałości przekrojów wiązarów należy obliczać dla środka z pasem lub pasami współpracującymi poszyc (w przypadku konstrukcji dwuposzyciowych).

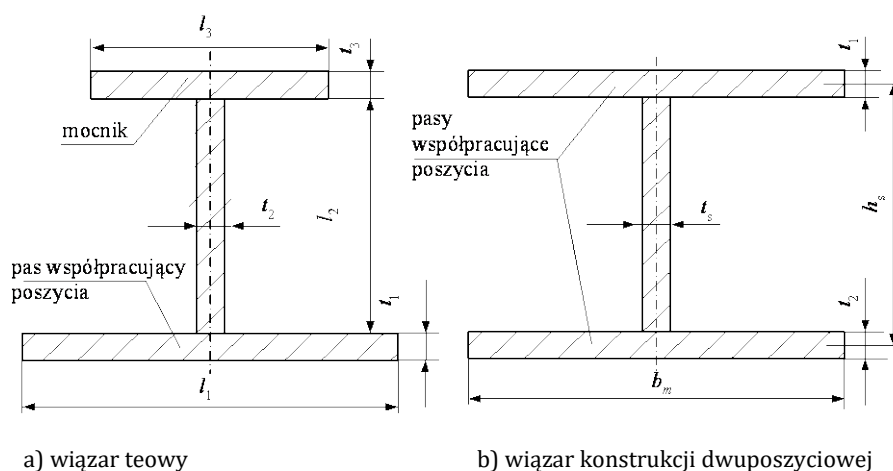
Szerokość pasa współpracującego poszycia należy ustalić wg 3.2.2. Usztywnienia poszycia leżące w obrębie pasa współpracującego można uwzględnić zgodnie z wymaganiami podanymi w 3.2.2.1.

Mocniki wiązarów teowych należy uwzględnić w całości.

14.3.2.5 W obrębie otworów w środkach pole na ścinanie należy przyjmować jako efektywne pole przekroju środka ustalone wg 3.2.3.

14.3.2.6 Stałą skręcania dla wiązarów teowych (rys. 14.3.2.6a) należy obliczać według wzoru:

$$I_0 = \frac{1}{3} \sum_{i=1}^3 l_i t_i^3 \quad (14.3.2.6-1)$$



Rys. 14.3.2.6

Stałą skręcania dla wiązarów w konstrukcjach dwupozyciowych (rys. 14.3.2.6b) należy obliczać według wzoru:

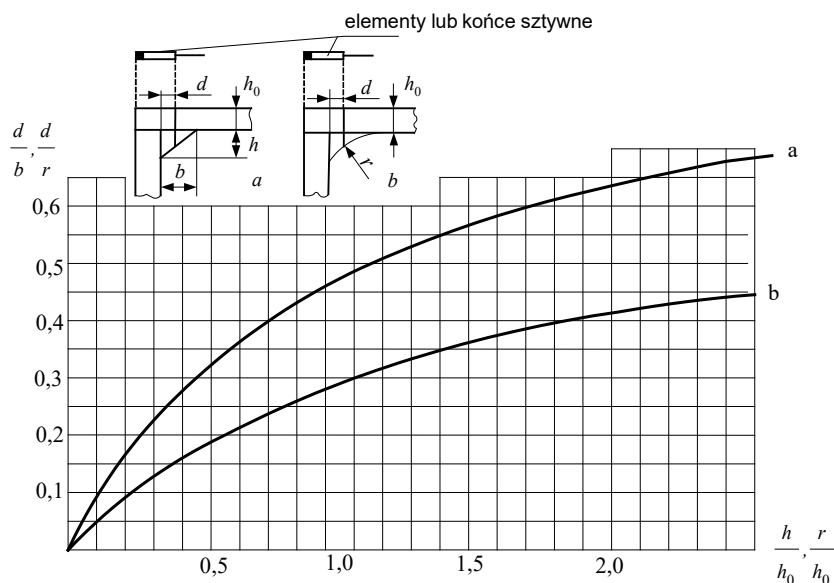
$$I_0 = \frac{b_m \cdot h_s^2}{\frac{1}{t_1} + \frac{1}{t_2}} \quad (14.3.2.6-2)$$

Grubości t_1 i t_2 w powyższych wzorach są to grubości netto poszycia.

14.3.2.7 W rejonach węzłówek i skrzyżowań wiązarów należy stosować sztywne elementy belkowe (lub sztywne końce elementów – jeżeli zastosowany program komputerowy ma takie możliwości) o długościach ustalonych wg rys. 14.3.2.7.

Charakterystyki wytrzymałościowe elementów sztywnych należy ustalić następująco:

- moment bezwładności przyjąć jako około 100 razy większy od momentu bezwładności przeciętnych elementów o skończonej sztywności, stosowanych w danym modelu;
- pole powierzchni przekroju i pole powierzchni przekroju na ścianie przyjąć jako około 10 razy większe niż odpowiednie pole przeciętnych elementów o skończonej sztywności, stosowanych w danym modelu.



Rys. 14.3.2.7. Ustalanie długości elementów sztywnych lub sztywnych końców

14.3.3 Obciążenia modelu MES

14.3.3.1 Obciążenia modelu MES od ciśnień wody, zapasów płynnych lub ciężaru zapasów na pokładach należy przykładać do elementów belkowych w formie obciążenia ciągłego o wartości:

$$q = p \cdot b \quad (14.3.3.1)$$

gdzie:

p – ciśnienie obliczeniowe

b – szerokość podpieranego pasa poszycia (równa połowie sumy odległości od sąsiednich wiązarów, grodzi itp.).

14.3.3.2 Obciążenie od wyposażenia, kontenerów, itp. można na ogół przykładać w formie sił skupionych do węzłów modelu MES.

14.3.3.3 Na brzegu modelu MES należy zastosować obciążenia w formie sił skupionych i momentów, wynikające z obciążeń działających na konstrukcję kadłuba poza rejonem, który obejmuje model MES.

14.3.4 Warunki brzegowe

14.3.4.1 Węzły modelu MES mogą na ogół być podparte nieprzesuwnie w kierunku pionowym, w płaszczyznach burt, grodzi poprzecznych i wzdłużnych, przegród pionowych.

14.3.4.2 Na brzegu modelu MES należy uwzględnić współdziałanie analizowanego fragmentu konstrukcji z pozostałą częścią kadłuba – w formie odpowiednich sprężyn połączonych z węzłami modelu.

14.3.4.3 Model MES może obejmować fragment konstrukcji kadłuba z jednej strony płaszczyzny symetrii. Wówczas przy symetrycznym obciążeniu należy w płaszczyźnie symetrii zastosować odpowiednie warunki brzegowe (zerowe kąty obrotu węzłów wokół osi wzdłużnej i pionowej).

14.3.5 Naprężenia dopuszczalne

Dopuszczalne wartości naprężeń w wiązarach, odpowiadające obciążeniom obliczeniowym wg rozdziału 16, podano w 14.5.

14.3.6 Raport z obliczeń MES

14.3.6.1 Dane do obliczeń

Raport z obliczeń powinien zawierać następujące informacje dotyczące zastosowanych danych wejściowych:

- usytuowanie elementów belkowych (rysunek modelu – generowany np. przez program komputerowy – oraz współrzędne węzłów);
- przyjęte do obliczeń przekroje elementów belkowych i wartości ich charakterystyk wytrzymałościowych (wskaźniki wytrzymałości przekroju, itp.);
- zastosowane obciążenia;
- zastosowane warunki brzegowe;
- własności materiału (moduł Younga, współczynnik Poissona, granica plastyczności).

14.3.6.2 Wyniki obliczeń

Prezentowane wyniki obliczeń powinny zawierać:

- rysunek odkształconej konstrukcji (wydruk z komputera) i maksymalne wartości przemieszczeń węzłów;
- wartości naprężeń w poszczególnych elementach modelu MES.

14.4 Ocena wytrzymałości systemu wiązarów kadłuba na podstawie modeli MES z zastosowaniem elementów skończonych tarczowych, powłokowych i belkowych

14.4.1 Zastosowanie

14.4.1.1 Wymagania podrozdziału 14.4 mają zastosowanie do oceny wytrzymałości systemu wiązarów kadłuba z zastosowaniem przestrzennych modeli MES (stosowanie tarczowych, powłokowych i belkowych elementów skończonych).

14.4.1.2 Model MES powinien obejmować odpowiednio duży moduł konstrukcji kadłuba, tak aby w rejonie, gdzie oceniana jest wytrzymałość wiązarów, zminimalizować wpływ (na wyniki

obliczeń) niedokładnego odwzorowania współdziałania wiązarów zawartych w modelu MES z pozostałymi wiązarami – w formie warunków brzegowych zadanych na brzegu modelu.

Minimalny wymagany zasięg modelu MES obejmuje moduł kadłuba od środka przedziału między grodziami wodoszczelnymi do środka sąsiedniego takiego przedziału.

W przypadku symetrii konstrukcji kadłuba i symetrii obciążenia można zastosować model MES obejmujący fragment konstrukcji od PS do jednej z burt.

Zalecane jest jednak opracowanie modelu MES modułu kadłuba obejmującego trzy kolejne przedziały pomiędzy grodziami wodoszczelnymi. W takim przypadku ocenie podlegają tylko naprężenia w środkowym przedziale modułu, wraz z grodziami poprzecznymi.

14.4.1.3 Wyniki rozwiązania modelu MES wymaganego w 14.4.1.2 mogą posłużyć jako warunki brzegowe do analizy MES wytrzymałości lokalnej wg wymagań podanych w 14.7.

14.4.2 Zasady modelowania geometrii konstrukcji

14.4.2.1 Poniższe zasady modelowania dotyczą obliczeń MES w zakresie liniowo-sprężystym, z zastosowaniem modeli, gdzie wykorzystane są 4-węzłowe tarczowe lub powłokowe elementy skończone i 2-węzłowe elementy prętowe lub belkowe.

Zastosowanie elementów wyższego rzędu (8-węzłowych lub 6-węzłowych) umożliwia na ogół stosowanie bardziej zgrubnego podziału na elementy skończone niż jest to wymagane niżej. Modele takie podlegają odrębnemu rozpatrzeniu przez PRS.

Należy unikać stosowania elementów trójkątnych 3-węzłowych. Elementy takie można stosować tylko w sytuacjach wyjątkowych, aby uniknąć niedopuszczalnych kształtów elementów czworokątnych.

14.4.2.2 Model MES powinien uwzględniać wszystkie wiązary w analizowanym module kadłuba (wraz z węzłówkami i usztywnieniami ich średnic), poszycie oraz usztywnienia poszycia.

Należy zastosować grubości netto elementów konstrukcji, tzn. potrącić naddatki korozyjne wymagane w 2.5.

W przypadku zakrzywionych mocników wiązarów lub zakrzywionego poszycia (np. na oble) należy uwzględnić zredukowaną ich efektywność w warunkach zginania, stosując zmniejszone grubości blach, aby uzyskać wartość efektywnego pola A_e wg 3.2.2.4 i 3.2.2.5.

14.4.2.3 Usztywnienia poszycia można modelować stosując jeden rząd elementów skończonych powłokowych lub tarczowych na wysokości średnika; mocniki mogą być modelowane elementami prętowymi.

Alternatywnie usztywnienia poszycia mogą być uwzględnione w formie elementów belkowych 2-węzłowych nieosiowych, tzn. uwzględniających przesunięcie osi obojętnej usztywnienia w stosunku do poszycia.

W przypadku, gdy w stosowanym programie komputerowym nie ma możliwości stosowania takich elementów, dopuszczalne jest modelowanie usztywnień w formie 2-węzłowych elementów prętowych w płaszczyźnie poszycia. Należy jednak zmniejszyć odpowiednio pole przekroju tych elementów w stosunku do pola przekroju usztywnień, aby odwzorować poprawnie sztywność na zginanie wiązara z pasami usztywnionych poszyc. Obowiązującą przy tym zasadę modelowania usztywnień nieciągłych podano w 14.4.2.4.

14.4.2.4 Mocniki wiązarów i usztywnienia stosowane w celu zapewnienia stateczności środników wiązarów można uwzględniać w formie elementów prętowych 2-węzłowych. W przypadku mocników zakrzywionych obowiązują wymagania punktu 14.4.2.2.

Jeżeli mocniki wiązarów lub usztywnienia ich środników nie są ciągłe (końce są ukosowane), to w ich końcowych odcinkach, na długości nie mniejszej niż podwójna szerokość mocnika lub wysokość usztywnienia, w modelu MES należy stosować zmniejszoną wartość ich pola przekroju poprzecznego, równą 25% średniej wartości rzeczywistego pola przekroju na długości elementu skończonego.

14.4.2.5 Przy tworzeniu modeli MES poszyc, środników wiązarów oraz węzłówek z użyciem elementów tarczowych lub powłokowych należy przestrzegać następujących zasad:

- iloraz długości dłuższego boku elementu czworokątnego i boku krótszego nie powinien na ogół być większy niż 2, a w żadnym wypadku większy niż 4;
- kąty pomiędzy bokami elementów powinny zawierać się w przedziale od 60° do 120°;
- kąty elementów trójkątnych (jeżeli nie można uniknąć stosowania elementów tego typu) powinny zawierać się w przedziale od 30° do 120°.

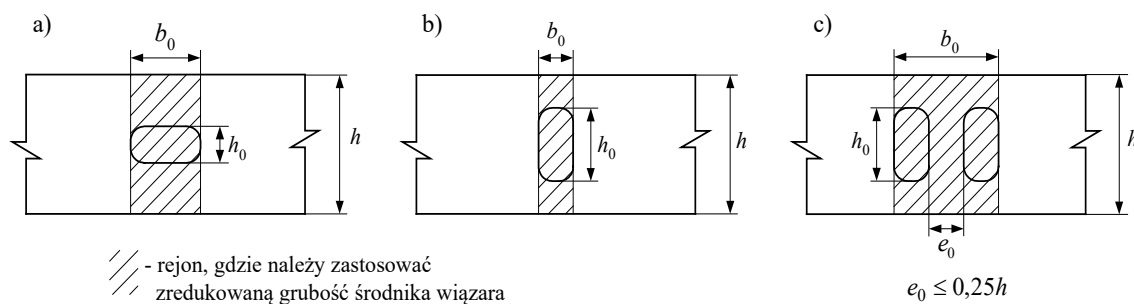
14.4.2.6 Przy tworzeniu modelu MES poszyc należy stosować taki podział na elementy skończone, aby wielkość elementów nie była większa niż wynika to z poniższych minimalnych wymagań:

- na wysokości środników wiązarów należy zastosować przynajmniej 3 elementy skończone, a podział środnika na elementy powinien być dostosowany do rozmieszczenia usztywnień środnika; przy podziale na elementy skończone płyt poszycia kadłuba, poszyc pokładów i grodzi należy stosować przynajmniej jeden element skończony pomiędzy sąsiadującymi usztywnieniami; w kierunku wzdłuż statku długość boków elementów skończonych powinna być nie większa niż odstęp wręgowy.

14.4.2.7 Otwory w środnikach wiązarów należy w modelu MES uwzględnić zgodnie z poniższymi zasadami, w zależności od wysokości h wiązania, wysokości h_0 i długości b_0 otworu, odległości e_0 pomiędzy sąsiednimi otworami (patrz rys. 14.4.2.7) oraz od proporcji powyższych wymiarów charakteryzowanych wartością współczynnika c_0 :

$$c_0 = 1 + \frac{b_0^2}{2,6(h-h_0)^2} \quad (14.4.2.7-1)$$

Otwór może być pominięty w modelu MES, gdy $h_0/h < 0,35$ oraz $c_0 < 1,2$.



Rys. 14.4.2.7. Wymiary otworów w środnikach wiązarów

W modelu MES w rejonie otworu pokazanym na rys. 14.4.2.7 należy zastosować zredukowaną grubość poszycia:

$$t_1 = \frac{h-h_0}{h} t_s \quad (14.4.2.7-2)$$

(t_s – grubość netto środnika), gdy $0,35 \leq h_0/h < 0,5$ oraz $c_0 < 1,2$.

W modelu MES w rejonie otworu pokazanym na rys. 14.4.2.7 należy zastosować zredukowaną grubość:

$$t_2 = \frac{t_1}{c_0} \quad (14.4.2.7-3)$$

(t_1 i c_0 zdefiniowano wyżej), gdy $0,35 \leq h_0/h < 0,5$ oraz $1,2 \leq c_0 < 2$.

W przypadku gdy $h_0/h \geq 0,5$ lub $c_0 \geq 2$, otwór powinien być uwzględniony wprost w modelu MES.

Jeżeli odległość e_0 pomiędzy sąsiednimi otworami jest mniejsza niż $0,25h$, to wymiar b_0 należy interpretować wg rys. 14.4.2.7c (obszar środka uwzględniający otwory w modelu MES obejmuje cały rejon sąsiednich otworów).

Jeżeli zgodnie z powyższymi zasadami otwór nie jest uwzględniany w modelu MES, to naprężenia obliczone MES powinny być skorygowane wg zasad podanych w 14.5.2.2 przed ich porównaniem z wartościami dopuszczalnymi określonymi w 14.5.3.

14.4.2.8 Węzłówki wiązarów powinny być uwzględnione wprost w modelu MES. Długość boków elementów skończonych w rejonie takich węzłówek nie powinna być większa niż 250 mm, przy czym w każdym przypadku wzdłuż krawędzi swobodnej węzłówki należy umieścić boki przynajmniej 3 elementów skończonych.

Jeżeli koniec mocnika węzłówki nie jest połączony z mocnikiem (lub z poszyciem) wiązara, to w modelu MES należy odwzorować brak powyższego połączenia, a w końcowych fragmentach mocnika należy zastosować zmniejszoną wartość pola przekroju wg zasad określonych w 14.4.2.4.

14.4.3 Obciążenia obliczeniowe

14.4.3.1 Zakres obliczeń

Obliczenia należy wykonać dla najbardziej niekorzystnych realnych stanów obciążenia statku:

- całkowicie załadowanego,
- częściowo załadowanego,
- pod balastem (z uwzględnieniem operacji balastowych w czasie mycia zbiorników),
- podczas przeładunku.

Dla warunków morskich należy rozważyć realne kombinacje zewnętrznych i wewnętrznych obciążeń dynamicznych określonych w rozdziale 16. Dla warunków portowych obciążenia dynamiczne można pominąć. Obciążenia wywołane ciężarem konstrukcji pokładów można pominąć, jeżeli ich wartość jest mniejsza niż 5% obciążeń obliczeniowych.

Wskazania odnoszące się do obliczeniowych stanów obciążenia konstrukcji niektórych typów statków podane są również w rozdziałach 18 do 21 oraz w *Publikacjach: 17/P – Analiza strefowej wytrzymałości konstrukcji kadłuba statku ro-ro, 18/P – Analiza strefowej wytrzymałości kadłuba masowca, 19/P – Analiza strefowej wytrzymałości kadłuba zbiornikowca i 24/P – Analiza wytrzymałości kadłuba kontenerowca.*

Obciążenia należy przyłożyć do modelu MES w sposób określony w punktach 14.4.3.2 i 14.4.3.3.

14.4.3.2 Obciążenia lokalne

Jeżeli blachy poszyc są modelowane elementami powłokowymi, a usztywnienia poszycia w modelu MES posiadają sztywność na zginanie, to obciążenie od wody z zewnątrz kadłuba i obciążenie od ładunku płynnego lub masowego, balastu wodnego lub zapasów płynnych oraz obciążenia od ładunku drobnicowego od wewnątrz kadłuba można przykładać do modelu MES w formie ciśnień.

Obciążenie od kontenerów lub ładunków wielkogabarytowych należy przykładać w formie sił skupionych w miejscach ich podparcia.

Jeżeli blachy poszyć są modelowane elementami tarczowymi, to obciążenia wymienione wyżej należy przykładać w formie obciążeń ciągłych działających w płaszczyznach średniczków usztywnień lub wiązarów. Wartość obciążenia ciągłego jest równa wartości ciśnienia pomnożonej przez szerokość podpieranego pasa poszycia.

14.4.3.3 Obciążenia globalne

Termin „obciążenia globalne” dotyczy sił wewnętrznych w kadłubie statku od jego zginania ogólnego lub skręcania.

W przypadku modelu MES, obejmującego 3 kolejne przedziały między grodziami wodoszczelnymi, należy uwzględnić momenty zginające kadłub w płaszczyźnie pionowej o wartościach $M = M_s + M_{wr}$ określonych wg 15.1.1.2, 15.4 i 15.5.

Wartość M należy zredukować w następujący sposób, aby uzyskać obliczeniową wartość momentu M_{obl} :

$$M_{obl} = M \frac{W_{netto}}{W} \quad (14.4.3.3-1)$$

gdzie:

M – określono wyżej;

W – wartość wskaźnika przekroju kadłuba określana dla projektowych grubości netto elementów konstrukcji wg zasad określonych w podrozdziale 15.7;

W_{netto} – wartość określana analogicznie jak W , ale dla grubości netto elementów konstrukcji (patrz 14.3.2.3).

Do końcowych przekrojów poprzecznych określonego wyżej modułu kadłuba należy przyłożyć takie wartości momentów zginających, aby wartość momentu M_{obl} uzyskać w przekroju poprzecznym kadłuba, usytuowanym w środku długości środkowego przedziału modułu kadłuba. Sposób przyłożenia momentów zginających w końcowych przekrojach modułu kadłuba określono w 14.4.4.1.

Wartość M_0 tych modułów są następujące:

$$M_0 = M_{obl} - M_{lok} \quad (14.4.3.3-2)$$

gdzie:

M_{obl}, M_0 – określono wyżej;

M_{lok} – wartość momentu zginającego wynikająca z lokalnego zginania modułu kadłuba; wartość M_{lok} należy obliczyć stosując model belki o długości modułu kadłuba, przegubowo podpartej w płaszczyznach grodzi poprzecznych na końcach modułu, podlegającej obciążeniu ciągłemu o wartościach odpowiadających pionowej składowej obciążeń lokalnych określonych w 14.4.3.2.

14.4.4 Warunki brzegowe

14.4.4.1 Warunki brzegowe dla modułu kadłuba obejmującego 3 kolejne przedziały wodoszczelne

Należy wymusić płaskie końcowe przekroje poprzeczne modułu kadłuba poprzez zastosowanie w każdym z nich tzw. węzłów niezależnych (w PS, na poziomie osi obojętnej przekroju), z którym są połączone „sztywno” wszystkie węzły blach poszyc, wzdłużnych usztywnień poszyc i wzdłużnych wiązarów, leżące w tym samym przekroju (tzw. węzły zależne).

Warunki brzegowe są następujące:

- na rufowym końcu modelu:
 - zerowe wartości przemieszczeń węzła niezależnego w kierunkach y i z (układ współrzędnych określono w p. 17.2.1);

- zastosowanie sztywnych połączeń węzłów zależnych z węzłem niezależnym w kierunkach x, y i z ;
- na dziobowym końcu modelu:
 - zerowe wartości przemieszczeń węzła niezależnego w kierunkach x, y i z oraz zerowa wartość jego kąta obrotu wokół osi x ;
 - zastosowanie sztywnych połączeń węzłów zależnych z węzłami niezależnym w kierunkach x, y i z .

Jeżeli model MES obejmuje tylko połowę konstrukcji, od PS do burt, to należy wymusić zerowe wartości kątów obrotów wokół osi x i z oraz zerowe przemieszczenie w kierunku osi y wszystkich węzłów leżących w PS.

Na obu końcach modelu należy do węzłów niezależnych przyłożyć wartości M_0 określone wg 14.4.3.3.

14.4.4.2 Warunki brzegowe dla modułu kadłuba obejmującego połowy długości kolejnych przedziałów wodoszczelnych

Po uzgodnieniu z PRS można zastosować warunki symetrii w końcowych przekrojach poprzecznych modułu kadłuba, tzn. wszystkie węzły leżące w płaszczyznach tych przekrojów przed odkształceniem modelu MES powinny pozostać w płaszczyznach prostopadłych do osi x po odkształceniu (osie układu współrzędnych pokazano na rys. 17.2.1).

We wszystkich węzłach na burtach przy pokładzie górnym można na ogół wymusić zerowe wartości przemieszczeń pionowych.

Jeżeli model MES obejmuje tylko połowę konstrukcji, od PS do burty, to należy wymusić zerowe wartości kątów obrotu wokół osi x i z oraz zerowe przemieszczenia w kierunku osi y wszystkich węzłów leżących w PS.

Naprężenia normalne od momentu M (patrz 14.4.3.3) należy uwzględnić wg 14.5.2.1.

14.4.4.3 Warunki brzegowe dla pozostałych modeli MES

W przypadku zastosowania modeli MES fragmentów konstrukcji o wymiarach innych niż określone w 14.4.4.1 i 14.4.4.2, zastosowane warunki brzegowe będą ocenione przez PRS odrębnie.

14.4.5 Raport z obliczeń MES

14.4.5.1 Dane do obliczeń

Raport z obliczeń MES powinien zawierać kompletne informacje dotyczące przyjętych do obliczeń danych wejściowych.

W każdej sytuacji konieczne jest podanie następujących informacji:

- przyjęte grubości blach (w formie barwnej mapy modelu MES lub wartości liczbowych na tle modelu MES);
- przekroje poprzeczne mocników modelowanych elementami prętowymi;
- efektywne pola przekroju poprzecznego mocników zakrzywionych lub zastępcza grubość zakrzywionych poszyci;
- parametry poprzecznych przekrojów elementów belkowych;
- zastosowane warunki brzegowe (opis lub w formie graficznej – na rysunkach modelu MES);
- zastosowane obciążenia (forma jak wyżej);
- własności materiału (moduł Younga, współczynnik Poissona, granica plastyczności).

14.4.5.2 Wyniki obliczeń

Raport z uzyskanych wyników obliczeń powinien zawierać:

- rysunek modelu odkształconego z informacją o maksymalnych wartościach przemieszczeń węzłów;
- wartości naprężeń normalnych, stycznych i zredukowanych w poszczególnych elementach tarczowych lub powłokowych w formie mapy barwnej lub wartości liczbowych na tle modelu MES.

14.5 Ocena poziomu naprężeń w wiązarach

14.5.1 Zastosowanie

Wartości naprężeń dopuszczalnych podane w niniejszym podrozdziale mają zastosowanie do obliczeń wg wymagań podanych w 14.3 i 14.4.

W przypadku obliczeń wg 14.4 należy uwzględnić wymagania podrozdziału 14.5.2 dotyczące interpretacji obliczanych naprężeń.

14.5.2 Interpretacja naprężeń obliczanych z zastosowaniem tarczowych lub powłokowych modeli MES

14.5.2.1 Naprężenia normalne σ , podlegające ocenie, to naprężenie membranowe. W przypadku elementów powłokowych są to naprężenia w płaszczyźnie środkowej (w środku grubości blach).

Jeżeli model MES nie obejmuje swoim zasięgiem trzech kolejnych przedziałów pomiędzy grodziami poprzecznymi, tzn. jest krótszy (patrz 14.4.1.2), to po uzgodnieniu z PRS naprężenia normalne od zginania ogólnego, wyznaczone wg wzoru:

$$\sigma(z) = \frac{M}{I} \cdot \frac{W_{\text{netto}}}{W} (z - z_0) \quad \sigma(z) = \frac{M}{I} \cdot \frac{W_{\text{netto}}}{W} (z - z_0) \quad (14.5.2.1)$$

gdzie:

M , W_{netto} , W – określono w 14.4.3.3,

I – moment bezwładności przekroju poprzecznego kadłuba (patrz 15.7),

z – współrzędna pionowa (patrz rys.17.2.1),

z_0 – współrzędna osi obojętnej przekroju kadłuba,

mogą być dodane algebraicznie do naprężeń normalnych σ_x (działających wzdłuż kadłuba), wyznaczonych MES. Tak wyznaczone naprężenia podlegają porównaniu z wartościami dopuszczalnymi określonymi w 14.5.3.

14.5.2.2 Naprężenia styczne τ w środkach wiązarów, podlegające ocenie, to naprężenia średnie obliczane dla efektywnego pola przekroju środka z otworami wg 3.2.3 (patrz także 14.4.2.7).

14.5.2.3 Naprężenia zredukowane należy obliczać wg wzoru:

$$\sigma_{zr} = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 - \sigma_x \sigma_y + 3\tau^2} \quad [\text{MPa}] \quad (14.5.2.3)$$

gdzie:

x, y – osie lokalnego układu współrzędnych;

σ_x – naprężenie normalne w kierunku osi x ;

σ_y – naprężenie normalne w kierunku osi y ;

τ – naprężenie styczne w płaszczyźnie xy .

14.5.2.4 W przypadku stosowania elementów skończonych o stałych wartościach naprężeń w obszarze elementu, może być wymagane uwzględnienie zmienności naprężeń rzeczywistych w obszarze elementu.

W takich sytuacjach można stosować interpolację liniową, zakładając że program komputerowy oblicza wartości naprężeń w środkach elementów skończonych.

14.5.2.5 W rejonach konstrukcji, gdzie poziom naprężeń σ , τ lub σ_{zr} przekracza 75% wartości dopuszczalnych podanych w 14.5.3, PRS może wymagać obliczeń MES naprężeń oraz oceny ich poziomu w tych rejonach wg zasad określonych w 14.7.

Może być także wymagana analiza trwałości zmęczeniowej takich rejonów konstrukcji wg *Publikacji 45/P – Analiza wytrzymałości zmęczeniowej stalowego kadłuba statku*.

14.5.3 Wartości naprężeń dopuszczalnych

14.5.3.1 Dla wiązarów, które nie przenoszą naprężeń od zginania ogólnego lub skręcania kadłuba (takich jak wiązary poprzeczne, pionowe, itp.) wartości naprężeń dopuszczalnych są następujące:

- $\sigma = 160k$ [MPa] (w kierunku osi wiązara);
- $\tau = 90k$ [MPa] w środnikach wiązarów z jednym pasem współpracującym lub w poszyciach;
- $\tau = 100k$ [MPa] w środnikach wiązarów z dwoma pasami współpracującymi lub w poszyciach;
- $\sigma_{zr} = 180k$ [MPa] w środnikach wiązarów, mocnikach lub w poszyciach.

Gdy naprężenia rozciągające działają prostopadle do powierzchni płyty (np. poszycie dna wewnętrznego lub płyta szczytowa cokołu pod grodzią), ich wartość powinna być nie większa niż $100k$ [MPa], z wyjątkiem przypadków, gdy zastosowany materiał dzięki odpowiedniej obróbce ma wysoką odporność na rozwarstwienia oraz jest odpowiedniej kategorii (patrz 2.2.2).

14.5.3.2 Dla wiązarów przenoszących naprężenia normalne od zginania ogólnego lub skręcania (wiązary wzdłużne) dopuszczalne wartości naprężeń są następujące:

- wg 14.5.3.1 gdy nie są uwzględniane naprężenia od zginania ogólnego lub skręcania kadłuba;
- $\sigma = 190k$ [MPa] – wartość dopuszczalna sumarycznych naprężeń normalnych w mocnikach, od zginania strefowego i od zginania ogólnego lub skręcania; do obliczeń należy przyjąć 0,59 wartości M_w obliczonej wg 15.5 (patrz 15.1.1.2) – jeżeli nie uwzględnia się skręcania kadłuba.

Skręcanie należy uwzględnić w przypadku statków z szerokimi otworami w pokładach. Wartości momentów zginających i skręcających należy wówczas przyjąć wg *Publikacji 24/P – Analiza wytrzymałości kadłuba kontenerowca*.

14.5.3.3 Dopuszczalna wartość naprężeń normalnych w środku swobodnej krawędzi węzłówki wiązara, wzdłuż krawędzi węzłówki, wynosi $200k$ MPa.

Powyższe wymaganie dotyczy wszelkich wiązarów. W przypadku wiązarów wzdłużnych należy rozpatrzyć oba warianty obciążeń, wymagane w 14.5.3.2.

14.5.3.4 W przypadku wzdłużnych usztywnień poszycia dna, dna wewnętrznego, burt, pokładów, grodzi wzdłużnych itp., należy spełnić kryterium określone w formie wzoru 14.7.3.3.

14.5.3.5 Wartości naprężeń dopuszczalnych podane w 14.5.3.1÷14.5.3.4 dotyczą obciążeń w warunkach morskich, określonych wg rozdziału 16.

Dla warunków portowych (operacje ładunkowe) i dla warunków remontu statku można zastosować wartości naprężeń dopuszczalnych większe o 10% od podanych wyżej.

14.6 Ocena wytrzymałości ogólnej z zastosowaniem MES

14.6.1 Zastosowanie

14.6.1.1 W sytuacjach gdy do oceny wytrzymałości ogólnej kadłuba nie mogą być zastosowane obliczenia wg rozdziału 15, bazujące na belkowym modelu kadłuba, należy wykonać obliczenia MES z zastosowaniem modelu tarczowo-prętowego lub powłokowo-prętowego wg wymagań podrozdziału 14.6. Obliczenia takie mogą być wymagane przez PRS w przypadku kadłubów statków z długimi nadbudówkami w części środkowej lub w przypadkach konstrukcji kadłuba uznanej za nietypową.

W przypadku statków z szerokimi otworami lukowymi należy także wykonać ocenę wytrzymałości kadłuba w warunkach skręcania wg wymagań *Publikacji 24/P – Analiza wytrzymałości kadłuba kontenerowca*.

14.6.1.2 Ocenę wytrzymałości ogólnej kadłuba można wykonać z zastosowaniem modelu MES wg wymagań podanych w 14.4.1.2, stosowanego do analizy wytrzymałości systemu wiązarów, ale należy zastosować wymiary brutto elementów konstrukcyjnych, tzn. bez potrącania zastosowanych naddatków korozyjnych. Wystarczy jednak zastosować model MES spełniający wymagania podane w 14.6.2.

14.6.2 Wymagania dla modeli MES

14.6.2.1 Ocenę wytrzymałości ogólnej kadłuba statku należy wykonać dla wymiarów brutto elementów konstrukcyjnych, tzn. bez potrącania zastosowanych naddatków korozyjnych.

14.6.2.2 Model MES powinien odpowiadać modułowi kadłuba w części środkowej statku, który obejmuje trzy kolejne przedziały pomiędzy grodziami wodoszczelnymi.

Zastosowanie modelu MES o innej długości będzie rozpatrywane przez PRS odrębnie.

14.6.2.3 Model MES powinien wystarczająco dokładnie odwzorowywać sztywność konstrukcji.

Minimalne wymagania dotyczące podziału konstrukcji na elementy skończone są następujące:

- wzdłużne usztywnienia poszycia, pokładów, grodzi wzdłużnych itd., mogą być modelowane w formie prętów usytuowanych w płaszczyznach usztywnionych przez nie blach i grupowane po kilka sztuk;
- środniki wiązarów można dzielić na elementy skończone w ten sposób, aby na wysokości środnika był tylko jeden element skończony;
- mocniki wiązarów można modelować elementami prętowymi;
- płyty poszycia można na ogół dzielić na elementy skończone w ten sposób, aby pomiędzy sąsiednimi wiązarami był tylko jeden rząd elementów skończonych;
- wycięcia w wiązarach, przez które przechodzą usztywnienia poszycia oraz inne małe wycięcia i otwory mogą być pominięte przy podziale konstrukcji na elementy skończone;
- należy uwzględnić otwory komunikacyjne w wiązarach – w rejonach usytuowania takich otworów dopuszczalne jest w modelu MES zastosowanie zastępczej grubości blachy w ten sposób, aby zachować wartość pola przekroju środnika w przekroju z otworem.

Uwaga: W przypadku konstrukcji uznanych przez PRS za nietypowe, może być wymagane zastosowanie bardziej precyzyjnego modelu MES.

14.6.2.4 Elementy skończone tarczowe lub powłokowe powinny spełniać wymagania podane w 14.4.2.5.

14.6.3 Obciążenia i warunki brzegowe

14.6.3.1 Ocena naprężeń normalnych od momentu zginającego

Należy wymusić płaskie przekroje poprzeczne na końcach modułu kadłuba (patrz 14.6.2.2) poprzez zastosowanie identycznych warunków dla przemieszczeń jak w p. 14.4.4.1.

Do węzłów niezależnych (patrz 14.4.4.1) w przekrojach końcowych należy przyłożyć ekstremalną wartość momentu zginającego:

$$M = M_s + M_w \quad (14.6.3.1)$$

która występuje w przedziale równym długości modułu kadłuba.

Wartość M_s i M_w należy określić wg 15.4 i 15.5.

Obciążenia lokalne konstrukcji można pominąć (patrz także 14.6.3.4).

W przypadkach uznanych za nietypowe, PRS może wymagać zastosowania innych warunków brzegowych niż określono wyżej, w tym wykonania obliczeń z zastosowaniem modelu MES całego kadłuba statku.

14.6.3.2 Ocena naprężeń stycznych od siły poprzecznej

Warunki brzegowe dotyczące przemieszczeń są identyczne jak w 14.6.3.1.

Do węzłów niezależnych (patrz 14.4.4.1) w przekrojach końcowych należy przyłożyć ekstremalne wartości siły poprzecznej:

$$Q = Q_s + Q_w \quad (14.6.3.2-1)$$

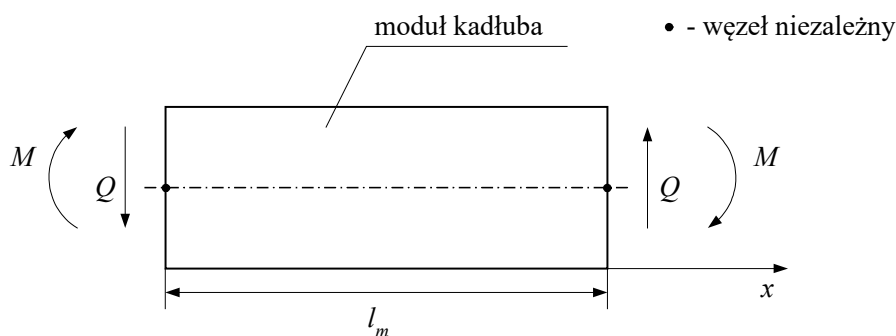
w przedziale równym długości modułu kadłuba oraz momenty zginające:

$$M = \frac{1}{2} Q l_m \quad (14.6.3.2-2)$$

gdzie:

l_m – długość modułu kadłuba.

Wartość Q_s i Q_w należy określić wg 15.9. Wartości Q_s mogą uwzględniać poprawkę krzywej sił poprzecznych wg 15.12. Sposób przyłożenia Q i M pokazano na rys. 14.6.3.2.



Rys. 14.6.3.2. Obciążenia modułu kadłuba

14.6.3.3 Uwzględnienie symetrii kadłuba

W przypadku gdy moduł kadłuba podlegający ocenie wytrzymałości jest symetryczny względem PS statku, model MES może obejmować tylko fragment konstrukcji od PS do burty. W takiej sytuacji należy wymusić zerowe wartości kątów obrotów wokół osi x i z oraz zerowe wartości przemieszczeń w kierunku osi y węzłów leżących w PS.

14.6.3.4 Uwzględnienie lokalnych obciążeń konstrukcji

W modelu MES modułu kadłuba mogą być uwzględnione przepisowe wartości obciążeń lokalnych konstrukcji. W takim przypadku należy odpowiednio zmodyfikować wartość M na końcach modułu kadłuba w stosunku do wymaganych w 14.6.3.1 i 14.6.3.2 oraz wartość Q wymaganą w 14.6.3.2, aby uwzględnić siły wewnętrzne w modelu kadłuba traktowanym jako belka przegubowo podparta na końcach.

Obliczeniowe wartości $M = M_s + M_w$ i $Q = Q_s + Q_w$ (tzn. zgodne z wymaganiami rozdziału 15) powinny być przy tym uzyskane w środkowym rejonie modułu kadłuba.

14.6.4 Naprężenia dopuszczalne

14.6.4.1 Ocenie podlegają osobno poziom naprężeń $\sigma = \sigma_x$ w poszyciach dna, pokładów, ciągłych zrębnic luków itp. oraz poziom naprężeń stycznych τ w poszyciu burt, burt wewnętrznych, grodzi wzdłużnych, itp.

Są to naprężenia w środkach elementów skończonych powłokowych (lub tarczowych), w warstwie obojętnej (środkowej).

Dopuszczalne wartości powyższych naprężeń są identyczne jak w rozdziale 15:

$$\sigma = 175k \text{ [MPa]} \quad (14.6.4.1-1)$$

$$\tau = 110k \text{ [MPa]} \quad (14.6.4.1-2)$$

14.6.4.2 W miejscach koncentracji naprężeń wartości naprężeń, obliczane przez program komputerowy, mogą na ogół przekroczyć wartości określone w 14.6.4.1. Sytuacje takie podlegają każdorazowo odrębnemu rozpatrzeniu przez PRS

14.6.5 Raport z obliczeń MES

14.6.5.1 Wymagany jest raport z obliczeń MES w zakresie identycznym jak określony w 14.4.5.

14.7 Ocena poziomu naprężeń w miejscach koncentracji naprężeń i w usztywnieniach poszycia (lokalne modele MES)

14.7.1 Zastosowanie

Ocena poziomu naprężeń na podstawie lokalnych modeli MES może być wymagana przez PRS w rejonach kadłuba statku, gdzie obliczenia wytrzymałości systemu wiązarów wg 14.4 wykazują poziom naprężeń zredukowanych, przekraczający $135k$ [MPa], tzn. 75% wartości dopuszczalnych (patrz 14.5.2.5). Są to w szczególności rejony skrzyżowań wiązarów wzajemnie poprzecznych, końcówki węzłówek, rejony otworów w wiązarach, itp.

Może być wymagane także sprawdzenie poziomu naprężeń we fragmentach wzdłużnych usztywnień poszycia dna, pokładów, grodzi wzdłużnych, które są usytuowane w bezpośrednim sąsiedztwie grodzi lub przegród poprzecznych. Ugięcia wiązarów poprzecznych sąsiadujących z grodziami lub przegrodami poprzecznymi mogą bowiem wywoływać naprężenia o istotnych wartościach w podpieranych przez nie usztywnieniach.

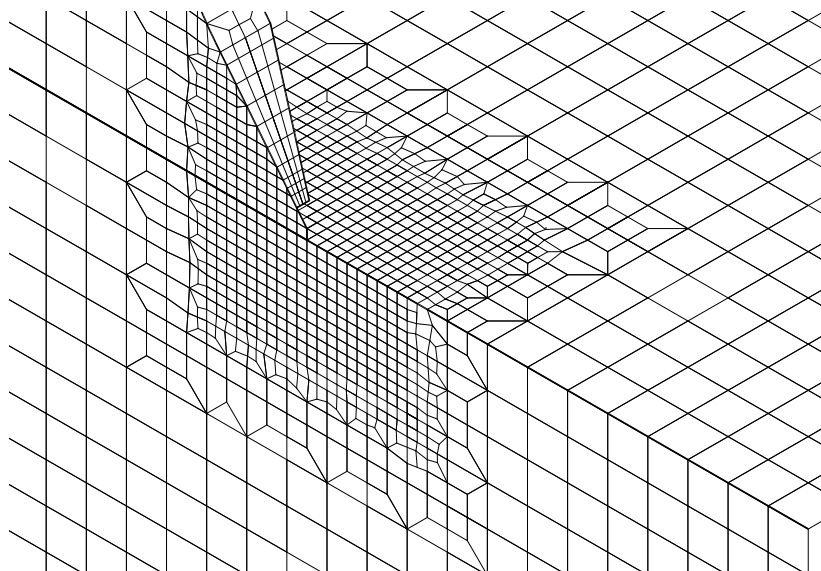
14.7.2 Wymagania dla modeli MES w rejonach koncentracji naprężeń

14.7.2.1 Zasięg modelu MES

Model MES z zastosowaniem odpowiednio małych elementów skończonych (patrz 14.7.2.2) powinien generalnie obejmować rejon wokół miejsca spiętrzenia naprężeń (np. zakończenia węzłówki, krawędzi otworu lub wycięcia w wiązarze, itp.).

W modelu MES należy zastosować w każdym kierunku od miejsca największej koncentracji naprężeń przynajmniej 10 rzędów elementów skończonych o zmniejszonych wymiarach określonych w 14.7.2.2. Poza tym rejonem wymiary elementów skończonych mogą być stopniowo zmniejszane.

Przykład prawidłowego podziału na elementy skończone fragmentu konstrukcji w rejonie końca węzłówki wiązara pokazano na rys. 14.7.2.1 (pokazano tylko konstrukcję z jednej strony płaszczyzny symetrii).



Rys. 14.7.2.1. Przykładowy podział fragmentu konstrukcji na elementy skończone

W przypadku oceny poziomu naprężeń na krawędziach wycięć lub otworów w wiązarach, wystarczy wokół nich zastosować 2 rzędy elementów skończonych o maksymalnych rozmiarach określonych w 14.7.2.2.

Brzeży lokalnego modelu MES powinny pokrywać się ze ściankami wiązarów (denników, wręgów ramowych, itp.) występującymi w modelach MES określonych w 14.4. Należy wówczas zastosować warunki brzegowe wg wymagań podanych w 14.7.2.3.

Alternatywnie lokalny model MES może być integralną częścią modelu wymaganego w 14.5.

14.7.2.2 Elementy skończone

Ścianki i mocniki wiązarów lub usztywnień poszycia w rejonach koncentracji naprężeń należy modelować powłokowymi elementami skończonymi. Maksymalne wymiary tych elementów w bezpośrednim sąsiedztwie miejsca największej koncentracji naprężeń nie powinny być większe niż $50 \text{ mm} \times 50 \text{ mm}$. Na szerokość mocników wiązarów, usztywnień poszyc lub obramowań otworów należy przy tym stosować nie mniej niż 3 rzędy elementów skończonych.

Kształt zastosowanych elementów powinien spełniać wymagania określone w 14.4.2.5.

14.7.2.3 Warunki brzegowe i obciążenie

Jeżeli stosowany jest osobny lokalny model MES (tzn. niebędący integralną częścią modelu MES systemu wiązarów określonego w 14.4), to w węzłach leżących na jego brzegu należy zadać wartości przemieszczeń, otrzymane w wyniku rozwiązania modelu MES określonego w 14.4.

Alternatywnie w węzłach jak wyżej można zastosować siły uogólnione wynikające z rozwiązania modelu MES systemu wiązarów.

Jeżeli na brzegach lokalnego modelu MES występują węzły, których nie ma w modelu MES systemu wiązarów (patrz 14.4), to należy zadać w nich wartości przemieszczeń wyznaczone metodą interpolacji liniowej stosowanej do wartości przemieszczeń węzłów modelu MES określonego w 14.4.

Obciążenia lokalne stosowane w modelu MES systemu wiązarów (patrz 14.4), działające w obszarze lokalnego modelu MES, należy zastosować w modelu lokalnym.

14.7.2.4 Ocena poziomu naprężeń

Ocenie podlegają naprężenia zredukowane w warstwie środkowej elementów skończonych powłokowych, w środkach elementów. W przypadku zastosowania elementów skończonych o maksymalnych rozmiarach określonych w 14.7.2.2 (50 mm × 50 mm) dopuszczalna wartość naprężeń zredukowanych wynosi 310k [MPa].

Ocena poziomu naprężeń w miejscach koncentracji naprężeń może być także dokonana z zastosowaniem modeli MES o mniejszych wymiarach elementów skończonych od określonych wyżej (np. modele stosowane do wyznaczania naprężeń geometrycznych stosowanych do oceny trwałości zmęczeniowej konstrukcji kadłuba – wg *Publikacji 45/P – Analiza wytrzymałości zmęczeniowej stalowego kadłuba statku*).

W takiej sytuacji dopuszczalna wartość naprężeń zredukowanych, określona wyżej, dotyczy średnich naprężeń w dowolnym obszarze o wymiarze 50 mm × 50 mm. Wartość średnia powinna być obliczona dla naprężeń zredukowanych w środkach elementów skończonych, które całkowicie mieszczą się w obszarze o wymiarach 50 mm × 50 mm. Obszar ten nie powinien obejmować fragmentów blach o różnych grubościach.

14.7.3 Wymagania dla modeli MES usztywnień poszycia

14.7.3.1 Zasięg modelu MES i elementy skończone

Model MES powinien obejmować fragment konstrukcji o długości równej przynajmniej dwóm odstępom wiązarów poprzecznych z każdej strony grodzi lub przegrody poprzecznej i o szerokości równej przynajmniej dwóm odstępom usztywnień – z każdej strony usztywnienia podlegającego ocenie wytrzymałości.

Na wysokości środnika usztywnienia oraz na szerokości mocnika należy zastosować przynajmniej 3 rzędy powłokowych elementów skończonych.

Wielkość i kształt zastosowanych elementów skończonych w podlegającym ocenie wytrzymałości rejonie koncentracji naprężeń oraz minimalne rozmiary rejonu, gdzie należy zastosować elementy skończone o zmniejszonych wymiarach powinny spełniać wymagania analogiczne do podanych w 14.7.2.1 i 14.7.2.2. Przykładowy podział na elementy skończone wzdłużnych usztywnień dna podwójnego statku w rejonie ich połączenia z konstrukcją grodzi poprzecznej pokazano na rys. 14.7.3.1.

14.7.3.2 Warunki brzegowe i obciążenia

Obowiązują wymagania analogiczne do określonych w 14.7.2.3.

14.7.3.3 Ocena poziomu naprężeń

W przypadku rejonów spiętrzeń naprężeń obowiązują identyczne kryteria jak podane w 14.7.2.4.

W przypadku wzdłużnych usztywnień poszycia dna, dna wewnętrznego, burt, pokładów, grodzi wzdłużnych, itp. należy także spełnić warunek:

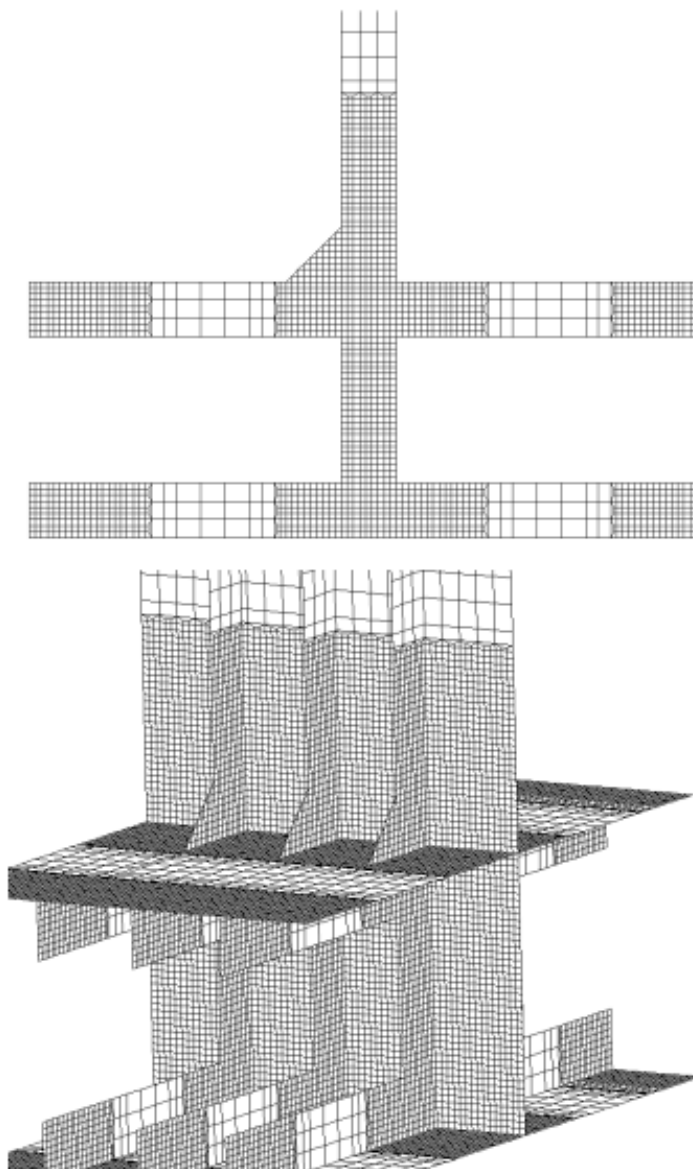
$$\sigma \leq 220k \text{ [MPa]} \quad (14.7.3.3)$$

gdzie:

σ – naprężenie normalne w mocnikach usztywnień, wyznaczone dla modelu MES spełniającego wymagania podrozdziału 14.4 z uwzględnieniem zginania ogólnego kadłuba lub skręcania – wg wymagań podanych w 14.5.3.2.

14.7.4 Raport z obliczeń MES

W przypadku obliczeń MES określonych w 14.7.2 i 14.7.3 wymagane jest opracowanie raportu w zakresie identycznym z określonym w 14.4.5.



Rys. 14.7.3.1. Przykładowy model MES usztywnień dna podwójnego w rejonie grodzi poprzecznej

15 WZDŁUŻNA WYTRZYMAŁOŚĆ STATKU

15.1 Zasady ogólne

15.1.1 Zastosowanie

15.1.1.1 Niezależnie od spełnienia wymagań w zakresie wytrzymałości miejscowej (rozdział 13) oraz wytrzymałości strefowej (podrozdziały 14.3 lub 14.4), ostateczne wymiary wiązań wzdłużnych powinny być takie, aby wymagania niniejszego rozdziału w zakresie wytrzymałości wzdłużnej statku na zginanie i działanie sił poprzecznych zostały spełnione.

Niniejsze wymagania mają zastosowanie do stalowych statków o nieograniczonym rejonie żeglugi z wyjątkiem kontenerowców o długości 90 m i większej i z wyjątkiem masowców i zbiornikowców podlegających wymaganiom *Common Structural Rules (CSR)*.

15.1.1.2 Wytrzymałość statków mających jedną lub więcej cech podanych niżej podlega specjalnemu rozpatrzeniu przez PRS:

- stosunki wymiarowe: $L_0/B < 5$; $B/H > 2,5$;
- długość $L_0 > 500$ m;
- współczynnik pełnotliwości $\delta < 0,6$;
- duże otwory pokładowe;
- przewóz ładunków podgrzewanych;
- niekonwencjonalny typ statku.

Mogą być wymagane obliczenia wytrzymałości z zastosowaniem modelu MES – wg zasad określonych w podrozdziale 14.6.

15.1.1.3 Wartości falowych momentów zginających i sił poprzecznych, stosowane w niniejszej części *Przepisów*, odpowiadają prawdopodobieństwu ich przewyższenia równemu 10^{-8} . W tej postaci mają zastosowanie przy określaniu wymaganego wskaźnika przekroju kadłuba i pola przekroju kadłuba przenoszącego siły poprzeczne, jak również przy sprawdzaniu stateczności wiązań i granicznej wytrzymałości kadłuba. W innych zastosowaniach, gdy naprężenia od zginania kadłuba wywołane obciążeniami falowymi są sumowane z naprężeniami określonymi w ramach strefowej lub miejscowej wytrzymałości konstrukcji, przepisowe wartości falowych momentów zginających i sił poprzecznych mogą być zredukowane do wartości:

$$M_{wr} = 0,59M_w \quad [\text{kNm}] \quad (15.1.1.2-1)$$

$$Q_{wr} = 0,59Q_w \quad [\text{kN}] \quad (15.1.1.2-2)$$

M_w – pionowy falowy moment zginający kadłub [kNm], określony według 15.5;

Q_w – falowy składnik sił poprzecznych w kadłubie [kN], określony według 15.10.

Zmodyfikowane wartości falowych obciążeń kadłuba odpowiadają wartościom naprężeń dopuszczalnych, określonych w niniejszej części *Przepisów*.

15.1.1.4 Wymiary wiązań wzdłużnych kadłuba, uwzględnianych w wytrzymałości wzdłużnej statku, powinny odpowiadać wymaganiom odnoszącym się do stateczności wiązań, podanym w 13.3.

15.1.1.5 Dla statków o małym współczynniku pełnotliwości, dużej prędkości i dużym rozchyleniu burt na dziobie, PRS może wymagać zachowania określonego wskaźnika przekroju w poszczególnych przekrojach części dziobowej kadłuba, w oparciu o wzdłużny rozkład obliczonych zgodnie z 15.4 i 15.5 momentów gnących na wodzie spokojnej i na fali. Dla statków o długości $L_0 > 120$ m i prędkości $v > 17$ węzłów postępowanie takie jest obowiązkowe.

15.1.1.6 Wytrzymałość wzdłużna statków o względnie małej szerokości powinna odpowiadać wymaganiom podanym w 15.2.4, uwzględniającym wypadkowe oddziaływania zginania w płaszczyźnie poziomej i pionowej.

15.1.1.7 Dla statków z dużymi otworami w pokładzie może być wymagane uwzględnienie naprężeń normalnych i stycznych, wywołanych łącznym oddziaływaniem zginania, skręcania i ściskania kadłuba oraz pochodzących od obciążeń miejscowych. Sposób określenia ww. naprężeń podaje *Publikacja 24/P – Analiza wytrzymałości kadłuba kontenerowca*.

15.1.1.8 Dla poszczególnych typów statków mogą być podane dodatkowe wymagania dotyczące wymiarów konstrukcji, uwzględniające specyfikę stanów załadowania i konstrukcji.

15.1.1.9 W ocenie wytrzymałości kadłuba należy uwzględnić zakładane zmiany sposobu zabalastowania statku podczas rejsu, powodujące zmiany obciążenia kadłuba.

15.1.2 Oznaczenia

C_w – współczynnik falowy określony zgodnie z 17.2.2.

I_n – moment bezwładności poprzecznego przekroju kadłuba dla poziomej osi obojętnej [cm⁴].

M_s – obliczeniowy moment zginający kadłub na wodzie spokojnej [kNm].

M_w – pionowy falowy moment zginający kadłub [kNm].

Q_s – obliczeniowa wartość siły poprzecznej na wodzie spokojnej [kN].

Q_w – obliczeniowa wartość falowej składowej siły poprzecznej [kN].

S_n – moment statyczny poprzecznego przekroju wzdłużnych elementów konstrukcyjnych położonych powyżej lub poniżej poziomej osi obojętnej, obliczony względem tej osi [cm³].

z_n – pionowa odległość od płaszczyzny podstawowej lub linii pokładu wytrzymałościowego do osi obojętnej przekroju kadłuba, w zależności od tego, która z tych odległości ma zastosowanie do rozpatrywanego przypadku [m].

τ – dopuszczalne naprężenia styczne [MPa].

σ – dopuszczalne naprężenia normalne [MPa].

15.1.3 Określenia

Instrukcja kontroli obciążenia statku (Podręcznik ładunkowy) – dokument, który określa/zawiera:

- projektowe stany załadowania, łącznie z dopuszczalnymi wartościami momentów gnących i sił tnących na wodzie spokojnej;
- wyniki obliczeń momentów gnących i sił tnących na wodzie spokojnej oraz, tam gdzie to ma zastosowanie, ograniczenia wynikające z obciążeń poprzecznych i skręcających;
- dopuszczalne wartości obciążeń lokalnych konstrukcji (pokryw lukowych, pokładów, dna podwójnego, itp.).

Przyrząd kontroli obciążenia statku (kalkulator ładunkowy) – analogowy lub cyfrowy przyrząd (system komputerowy), pozwalający łatwo i szybko ocenić, że w ustalonych punktach odczytu momenty gnące, siły tnące oraz, tam gdzie to ma zastosowanie, obciążenia poprzeczne i skręcające na wodzie spokojnej w żadnym stanie załadowania nie przekraczają wartości dopuszczalnych.

Statki kategorii I:

- statki z dużymi otworami w pokładach, wymagające analizy złożonych stanów naprężeń w wiązarach kadłuba, spowodowanych obciążeniami zginającymi, skręcającymi i poprzecznymi;
- statki mogące przewozić ładunki niejednorodne, przy czym ładunek i/lub balast może być nierównomiernie rozłożony. Statki o długości mniejszej niż 120 m, jeżeli w ich projekcie przewidziano nierównomierne rozłożenie ładunku lub balastu, należą do kategorii II;
- chemikaliowce i gazowce.

Statki kategorii II – statki, których rozplanowanie pomieszczeń w niewielkim stopniu umożliwia różnicowanie rozmieszczenia ładunku i balastu oraz statki regularnie przewożące mało zróżnicowane ładunki, gdzie *Podręcznik ładunkowy* daje wystarczająco dokładne wskazówki, a także statki wyłączone z kategorii I.

15.2 Wskaźnik poprzecznego przekroju kadłuba

15.2.1 Wskaźnik poprzecznego przekroju kadłuba określony dla poziomej osi obojętnej według zasad podanych w 15.7 i oparty na ładunkowych i balastowych stanach załadowania powinien być nie mniejszy niż wskaźnik obliczony wg wzoru:

$$W = \frac{M_s M_w}{\sigma} 10^3 \quad [\text{cm}^3] \quad (15.2.1)$$

M_s – moment zginający kadłub na wodzie spokojnej, określony według 15.4 [kNm];

M_w – falowy moment zginający kadłub, określony według 15.5 [kNm],

$\sigma = 175k$ [MPa] w rejonie $-0,2L_0 \leq x \leq +0,2L_0$,

$\sigma = 105k$ [MPa] w rejonach: $x \leq -0,4L_0$ oraz $x \geq +0,4L_0$.

Wartość σ zmienia się liniowo pomiędzy tymi rejonami. W każdym przypadku wskaźnik przekroju kadłuba W powinien odpowiadać wymaganiom podanym w 15.2.2.

15.2.2 Wskaźnik przekroju kadłuba w środkowej części statku, odniesiony do pokładu i stępki, powinien być nie mniejszy niż wskaźnik obliczony wg wzoru:

$$W_o = \frac{C_{wo}}{k} L_0^2 B(\delta + 0,7) \quad [\text{cm}^3] \quad (15.2.2)$$

Należy przy tym przyjmować wartość δ nie mniejszą niż 0,6.

Wartości C_{wo} są następujące:

- dla statków o długości $L_0 \geq 90$ m: $C_{wo} = C_w$, C_w – wg 17.2.2;
- dla statków o długości $L_0 < 90$ m: $C_{wo} = 5,7 + 0,022 L_0$, ale nie mniej niż 7,0;
- dla statków z ograniczonym rejonem żeglugi współczynnik C_{wo} może być zmniejszony:
 - dla rejonu II o 5%,
 - dla rejonu III o 15%,
 - dla rejonów odpowiadających znakom klasy Class C i Class D wystarczające jest spełnienie wymagania 15.2.1.

Dla nietypowych konstrukcji wielkość redukcji zostanie odrębnie rozpatrzona przez PRS.

Minimalna wartość wskaźnika przekroju powinna być w zasadzie zachowana w rejonie $-0,2L_0 \leq x \leq 0,2L_0$. Może ona jednak być zmniejszana od owręza w kierunku rufy i dziobu, pod warunkiem że naprężenia powstałe od zginania kadłuba momentem na wodzie spokojnej i momentem falowym nie przekroczą naprężeń dopuszczalnych dla części środkowej statku.

15.2.3 W przypadku statków smukłych zachowanie wymaganego wskaźnika przekroju kadłuba w środkowej części statku może spowodować konieczność zwiększenia wymiarów wiązań wzdłużnych w końcowych rejonach części środkowej. W takich przypadkach PRS może odstąpić od wymagania zachowania przepisowego wskaźnika przekroju w tych rejonach, jeżeli materiał i wymiary wiązań wzdłużnych, uwzględnianych przy określaniu wskaźnika przekroju kadłuba, pozostaną bez zmian w całej środkowej części statku i przejście do kategorii stali oraz wymiarów wiązań w końcowych częściach statku będzie odpowiednie.

15.2.4 Na statkach o długości $L_0 \geq 90$ m wskaźnik przekroju kadłuba w części środkowej statku, określony dla pionowej osi obojętnej, powinien być nie mniejszy niż wskaźnik obliczony wg wzoru:

$$W_{oh} = \frac{5}{k} L_0^{9/4} (T + 0,3B) \delta \quad [\text{cm}^3] \quad (15.2.4-1)$$

Powyższe wymaganie może nie być spełnione, jeżeli naprężenia zredukowane, wywołane zginaniem w płaszczyźnie pionowej i poziomej, określane dla obła i miejsca połączenia pokładu z burzą będą mniejsze niż $195k$ [MPa]. Naprężenia zredukowane można obliczać wg wzoru:

$$\sigma_{zr} = \sigma_s + \sqrt{\sigma_w^2 + \sigma_{wh}^2} \quad [\text{MPa}] \quad (15.2.4-2)$$

σ_s – naprężenie wywołane momentem M_s (patrz 15.4.1.1) [MPa];

σ_w – naprężenie wywołane momentem M_w (patrz 15.5.1) [MPa];

σ_{wh} – naprężenie wywołane momentem M_{wh} (patrz 15.5.3) [MPa].

W przypadku statków z dużymi otworami w pokładzie wytrzymałościowym, odstępianie od powyższego wymagania (wzór 15.2.4-1) jest możliwe, jeżeli naprężenia normalne w kadłubie, wyznaczone z uwzględnieniem skręcania w sposób podany w *Publikacji 24/P – Analiza wytrzymałości kadłuba kontenerowca*, nie są większe niż $195k$ [MPa].

15.2.5 Wymiary wiązań wzdłużnych poza środkową częścią statku mogą być stopniowo zmniejszane do wymiarów określonych z warunków wytrzymałości miejscowej dla skrajnych części statku. W przypadkach określonych w 15.1.1 lub gdy uzasadnia to charakter konstrukcji, może być wymagane odrębne rozpatrzenie wskaźnika przekroju w innych miejscach po długości statku.

Spełnienie wymagań dotyczących wytrzymałości wzdłużnej kadłuba, poza częścią środkową statku, powinno być sprawdzone w następujących rejonach:

- w rejonie dziobowego zakończenia przedziału maszynowni,
- w rejonie dziobowego zakończenia dziobowej ładowni statku,
- w rejonach, gdzie ma miejsce znacząca zmiana przekroju poprzecznego kadłuba statku,
- w rejonach, gdzie ma miejsce zmiana w systemie wiązań konstrukcyjnych.

Wytrzymałość wyboyczeniową elementów konstrukcyjnych biorących udział w wytrzymałości wzdłużnej kadłuba, poddanych oddziaływaniu momentów gnących i sił poprzecznych na wodzie spokojnej w warunkach ściskania lub ścinania, należy sprawdzać w szczególności w rejonach, gdzie następują zmiany w systemie wiązań konstrukcyjnych lub gdzie ma miejsce znacząca zmiana przekroju poprzecznego kadłuba statku. Kryteria zachowania stateczności dla poszczególnych typów elementów konstrukcyjnych podane są w rozdziale 13.

Ciągłość konstrukcji powinna być zachowana na całej długości statku. W przypadku gdy pojawiają się znaczące zmiany w układzie/rozmieszczeniu elementów konstrukcyjnych, należy zastosować rozwiązania zapewniające odpowiednią wytrzymałość rejonu zmiany konstrukcji kadłuba statku.

W przypadku statków z dużymi otworami w pokładzie, należy wykonać obliczenia sprawdzające wytrzymałość dla przekrojów położonych w odległości $0,25L$ od rufowego i dziobowego końca długości L lub w pobliżu tych miejsc. Dla powyższych statków posiadających ładownie położone w stronę rufy od nadbudówki, pokładówki lub przedziału maszynowego – należy sprawdzić wytrzymałość dla przekrojów znajdujących się w rejonie rufowego zakończenia ładowni rufowej i rufowego końca pokładówki lub przedziału maszynowego.

15.3 Moment bezwładności poprzecznego przekroju kadłuba

Moment bezwładności poprzecznego przekroju kadłuba w środkowej części statku nie powinien być mniejszy niż moment obliczony wg wzoru:

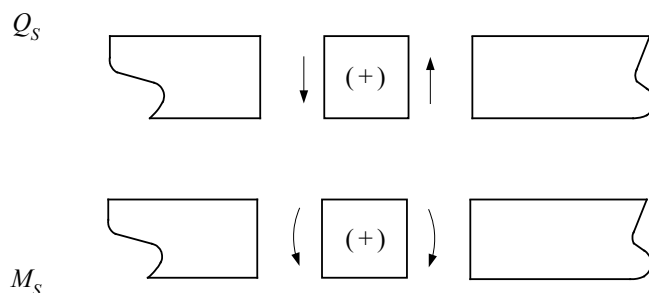
$$I_n = 3C_w L_0^3 B (\delta + 0,7) \quad [\text{cm}^4] \quad (15.3)$$

15.4 Moment zginający kadłub na wodzie spokojnej

15.4.1 Zasady ogólne

15.4.1.1 Wartości momentu zginającego kadłub M_s i siły poprzecznej Q_s na wodzie spokojnej należy obliczać w każdym przekroju poprzecznym kadłuba dla projektowych stanów załadowania ładunkiem lub balastowych, określonych w 15.4.2. Jako projektowe wartości M_s i Q_s dla statków o długości $L_0 \geq 90$ m należy przyjąć wartości największe spośród obliczonych, jak określono wyżej, z uwzględnieniem wymagań punktu 15.4.3.

W obliczeniach obowiązuje zasada, że obciążenia kadłuba zwrócone w dół są dodatnie i że obciążenia są całkowane od rufowego końca statku w stronę dziobu. Przyjęte w niniejszej części *Przepisów* dodatnie siły poprzeczne i momenty zginające pokazano na rys. 15.4.1.1.



Rys. 15.4.1.1. Dodatnie m_s i q_s

15.4.2 Projektowe stany załadowania

15.4.2.1 Należy uwzględnić przynajmniej ładunkowe i balastowe stany załadowania wymienione w 15.4.2.3.

Należy przy tym uwzględnić realne stany jednorodnego i niejednorodnego, pełnego i częściowego załadowania, realne ilości paliwa, wody słodkiej i zapasów przy wejściu do portu i wyjściu z portu, jak również stany balastowe, mycia zbiorników na zbiornikowcach oraz dokowania.

15.4.2.2 Jeżeli w czasie rejsu ilość lub umiejscowienie zapasów podlegają istotnym zmianom, to należy wykonać obliczenia wartości M_s i Q_s dla charakterystycznych pośrednich etapów rejsu – w uzupełnieniu do wymaganych obliczeń dotyczących wejścia do portu i wyjścia z portu.

Jeżeli planowane jest przyjmowanie lub usuwanie balastu wodnego w czasie rejsu, to należy uwzględnić wartości M_s i Q_s obliczane dla warunków bezpośrednio przed i bezpośrednio po przyjmowaniu balastu do każdego zbiornika (lub po usuwaniu balastu).

Powyższe stany powinny być uwzględnione w *Instrukcji obciążenia statku*.

15.4.2.3 Stany załadowania, które należy uwzględnić dla różnych typów statków są następujące:

- .1 Drobnicowce, statki ro-ro, chłodniowce, masowce, rudowce:
 - stan załadowania jednorodnym ładunkiem przy maksymalnym zanurzeniu,
 - stany balastowe,
 - specjalne stany załadowania przy załadowaniu lekkim ładunkiem przy zanurzeniu mniejszym niż maksymalne, z ładunkiem ciężkim, z pustymi ładowniami, z ładunkiem niejednorodnym, z ładunkiem pokładowym itp., jeżeli takie występują,
 - stany załadowania dla podróży krótkich lub stany portowe,
 - stany załadowania dla dokowania,
 - stany załadowania przejściowe przy załadunku i wyładunku, jeżeli mają zastosowanie,

- .2 Zbiornikowce olejowe:
 - stany załadowania jednorodnym ładunkiem (wyłączając czyste i suche zbiorniki balastowe), stan balastowy i stan przy częściowym załadowaniu,
 - każdy możliwy stan nierównomiernego załadowania,
 - stany załadowania podczas rejsu, w czasie czyszczenia zbiorników lub podczas innych operacji, jeżeli różnią się one znacznie od stanów balastowych,
 - stany załadowania przed dokowaniem,
 - stany załadowania przejściowe przy załadunku i wyładunku.
- .3 Chemikaliowce:
 - stany załadowania wymienione dla zbiornikowców olejowych,
 - stany załadowania dla ładunku o dużej gęstości lub podgrzanego oraz dla ładunku rozdzielonego, jeżeli ładunki takie włączone są do zatwierdzonej listy ładunków.
- .4 Gazowce:
 - stany załadowania jednorodnym ładunkiem dla wszystkich zatwierdzonych ładunków,
 - stany balastowe,
 - stany załadowania, w których jeden lub więcej zbiorników jest pustych lub zapełnionych częściowo oraz stany załadowania, w których przewożone są jednocześnie ładunki różniące się znacznie gęstością,
 - stany portowe, dla których zostało zatwierdzone zwiększone ciśnienie par,
 - stany załadowania przy dokowaniu.
- .5 Statki kombinowane:
 - stany załadowania wymienione w .1 i .2.

15.4.2.4 Stany balastowe z niekompletnie zapełnionym balastowym zbiornikiem dziobowym (w skrajniku) lub innymi zbiornikami, przy wejściu i wyjściu z portu lub na etapach pośrednich, nie mogą być zaliczane do projektowych stanów załadowania, chyba że spełnione są następujące warunki:

- przy żadnym stopniu zapełnienia zbiorników (od zbiornika pustego do całkowicie zapełnionego) naprężenia w kadłubie nie przekroczą wartości dopuszczalnych;
- dla masowców podlegających wymaganiom podrozdziału 20.6 wymagania te są spełnione przy każdym stopniu zapełnienia zbiorników.

Przyjmuje się, że kryteria wytrzymałościowe są spełnione dla każdego stopnia zapełnienia zbiorników balastowych, jeżeli są one spełnione w każdym stanie załadowania na wyjściu z portu, wejściu do portu oraz w stanach pośrednich wymaganych w 15.4.2.3, przy następującym zapełnieniu zbiorników balastowych:

- zbiorniki puste,
- zbiorniki całkowicie zapełnione,
- zbiorniki zapełnione częściowo, ale do zakładanego poziomu w danym stanie ładunkowym.

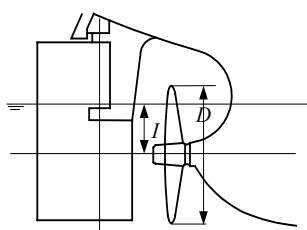
Jeżeli przewidywane jest częściowe zapełnienie więcej niż jednego zbiornika, to należy uwzględnić wszelkie możliwe kombinacje zapełnienia zbiorników, zakładając, że poszczególne zbiorniki są puste, całkowicie zapełnione lub zapełnione do zakładanego poziomu.

W przypadku klasycznych rudowców z dużymi bocznymi zbiornikami balastowymi usytuowanymi w ładunkowej części statku, gdzie przy pustej lub całkowicie zapełnionej pojedynczej parze tych zbiorników (symetrycznie względem PS statku) lub co najwyżej dwóch parach zbiorników zapełnionych jak wyżej występuje przegłębienie statku przekraczające przynajmniej jedną z wartości wymienionych niżej w podpunktach .1 i .2 lub spełniające warunek .3, wystarczy wykazać, że powyższe poziomy przegłębienia nie będą przekroczone przy pewnym maksymalnym, minimalnym i zakładanym w danym stanie ładunkowym poziomie zapełnienia powyższych zbiorników (jednej lub dwóch par). Należy przy tym rozważyć zapełnienie wszystkich pozostałych

balastowych zbiorników bocznych w stopniu pomiędzy całkowitym zapełnieniem a zbiornikami pustymi.

Wspomniane wyżej wartości przegłębień to:

- .1 przegłębienie na rufę o wartość równą 3% długości statku;
- .2 przegłębienie na dziób o wartość równą 1,5% długości statku;
- .3 przegłębienie, przy którym zanurzenie śruby napędowej spełnia warunek:
 $I/D \geq 0,25$ (I, D – patrz rys. 15.4.2.4).



I – odległość od osi śruby do płaszczyzny wodnicy

D – średnica śruby

Rys. 15.4.2.4

Maksymalny oraz minimalny stopień zapełnienia wspomnianych wyżej par bocznych zbiorników balastowych powinien być podany w *Instrukcji ładowania statku*.

Szczegółowe wytyczne do stosowania sformułowanych wyżej wymagań podano w *Części IV z Publikacji 16/P – Środki kontroli obciążenia statku*.

15.4.2.5 W stanach ładunkowych przy jednoczesnym częściowym zapełnieniu zbiorników balastowych wymagania punktu 15.4.2.4 dotyczą tylko zbiorników balastowych w skrajnikach.

15.4.2.6 Wymagania punktów 15.4.2.4 i 15.4.2.5 nie mają zastosowania w sytuacjach, gdy napełnianie albo opróżnianie zbiorników balastowych następuje kolejno.

Jednakże w *Instrukcji ładowania statku* lub w *Planie postępowania z wodami balastowymi* należy zamieścić obliczenia rozkładów momentu gnącego i siły poprzecznej na wodzie spokojnej dla poszczególnych etapów opróżnienia lub zapełnienia każdego zbiornika w trakcie wymiany wód balastowych, jeżeli na statku stosowana jest sekwencyjna metoda wymiany wód balastowych.

15.4.3 Minimalne wartości M_s

15.4.3.1 Jako obliczeniowy moment zginający na wodzie spokojnej M_s należy przyjąć największą bezwzględną wartość momentu zginającego, określoną według 15.4.1, lecz w środkowej części statku nie mniejszą niż wartość obliczona wg wzoru:

$$M_{so} = M_{sou} = -0,065C_w L_0^2 B (\delta + 0,7) \quad [\text{kNm}] \quad (15.4.3.1-1)$$

w warunkach ugięcia

oraz wg wzoru:

$$M_{so} = M_{sow} = C_w L_0^2 B (0,1225 - 0,015\delta) \quad [\text{kNm}] \quad (15.4.3.1-2)$$

w warunkach wygięcia.

Współczynnik pełnotliwości kadłuba należy przyjąć: $\delta \geq 0,6$.

Jeżeli podział przestrzenny statku daje małe możliwości różnicowania rozkładu ładunku i balastu, wartości M_{so} można nie uwzględniać przy określeniu podstawy wyznaczania wymiarów wiązań kadłuba.

15.4.3.2 Jeżeli do przeprowadzenia analizy naprężeń lub kontroli stateczności wiązań wymagane jest określenie wartości momentów zginających M_s poza środkową częścią statku, to wartości te w dowolnym poprzecznym przekroju kadłuba należy wyznaczać według 15.4.1, przy czym nie mogą one być mniejsze niż wartości określone według wzoru:

$$M_{sx} = k_{sm}M_{so} \quad [\text{kNm}] \quad (15.4.3.2)$$

M_{so} – wg 15.4.3.1,

$k_{sm} = 1,0$ w środkowej części statku o współrzędnych: $-0,2L_0 \leq x \leq +0,2L_0$;

$k_{sm} = 0,15$ w przekrojach o współrzędnych $x = -0,4L_0$ oraz $x = +0,4L_0$;

$k_{sm} = 0,0$ w przekrojach o współrzędnych: $x = -0,5L_0$ oraz $x = +0,5L_0$.

W pośrednich rejonach wartość k_{sm} należy określić stosując interpolację liniową.

15.4.4 Moment zginający dla statków o długości $L_0 < 90$ m

Minimalną wartość momentu zginającego kadłub na wodzie spokojnej należy określać wg wzoru:

$$M_s = M_{so} = 0,006L_0^3B(\delta + 0,7) \quad [\text{kNm}] \quad (15.4.4)$$

Jeżeli wartość bezwzględna momentu zginającego kadłub na wodzie spokojnej M_{sl} , obliczona dla stanu balastowego oraz ewentualnie dla stanów z nierównomiernym po długości statku rozkładem ładunku jest większa od wartości M_{so} , to należy przyjąć $M_s = M_{sl}$.

Obliczona wartość momentu M_s ma zastosowanie w rejonie $-0,2L_0 \leq x \leq +0,2L_0$. Poza tym rejonem wartość M_s można zmniejszać liniowo do zera dla $x = -0,5L_0$ oraz $x = +0,5L_0$.

15.5 Falowy moment zginający

15.5.1 Pionowy falowy moment zginający

Obliczeniową wartość pionowego falowego momentu zginającego M_w w rejonie $-0,1L_0 < x < +0,15L_0$ dla ujemnego momentu (w ugięciu) należy określać wg wzoru:

$$M_w = M_{wu} = -0,11C_wL_0^2B(\delta + 0,7) \quad [\text{kNm}] \quad (15.5.1-1)$$

a dla momentu dodatniego (w wygięciu) wg wzoru:

$$M_w = M_{ww} = 0,19C_wL_0^2B\delta \quad [\text{kNm}] \quad (15.5.1-2)$$

Należy przyjmować wartości: $\delta \geq 0,6$.

C_w – patrz 17.2.2.

Dla statków z ograniczonym rejonem żeglugi, wartości M_w obliczone wg 15.5.1-1 i 15.5.1-2 można zmniejszyć:

- dla rejonu II o 10%;
- dla rejonu III o 20%;
- dla rejonu odpowiadającego znakowi klasy Class C o 35%;
- dla rejonu odpowiadającego znakowi klasy Class D o 50%.

W stanach portowych należy stosować wartości falowego momentu zginającego równe 40% wartości określonych wyżej w przypadku wód nieosłoniętych i równe 10% – w przypadku wód osłoniętych.

15.5.2 Rozkład wartości M_w po długości statku

15.5.2.1 Jeżeli do przeprowadzenia analizy naprężeń lub kontroli stateczności wiązań wymagane jest określenie przebiegu wartości falowego momentu zginającego M_w po długości statku, to przyjęte wartości M_{wx} powinny być nie mniejsze niż wartości obliczone wg wzoru:

$$M_{wx} = k_{wm}M_w \quad [\text{kNm}] \quad (15.5.2.1)$$

M_w – określono w 15.5.1,

$k_{wm} = 1,0$ w rejonie $-0,1L_0 \leq x \leq 0,15L_0$ – dla statków o długości $L_0 \geq 90$ m,

$k_{wm} = 1,0$ w rejonie $-0,1L_0 \leq x \leq 0,1L_0$ – dla statków o długości $L_0 < 90$ m,

$k_{wm} = 0,0$ w przekrojach $x = -0,5L_0$ i $x = +0,5L_0$.

Pomiędzy rejonem środkowym oraz przekrojami końcowymi wartość k_{wm} należy określać przez interpolację liniową (patrz rys. 15.5.2.2).

15.5.2.2 Jeżeli statek rozwija względnie dużą prędkość lub ma znaczne rozchylenie burt w części dziobowej, to we wzorze 15.5.2.1 dla rejonu $x \geq 0,1L_0$ należy przyjmować wartości współczynników k_{wm} poprawione w zależności od wartości współczynników $C_a = C_{av}$ oraz $C_a = C_{af}$ – zależnie od tego, która poprawiona wartość k_{wm} jest większa.

$$C_{av} = \frac{C_v v}{\sqrt{L_0}} \quad (15.5.2.2-1)$$

$$C_{af} = \frac{C_v v}{\sqrt{L_0}} + \frac{F_{pd} - F_{wd}}{L_0 z_{pd}} \quad (15.5.2.2-2)$$

$C_v = \frac{\sqrt{L_0}}{50}$, przy czym należy przyjmować $C_v \leq 0,2$;

L_0 i v – patrz 1.2.2;

F_{pd} – pole powierzchni rzutu części pokładu górnego na płaszczyznę poziomą z uwzględnieniem pokładu dziobówki znajdującej się w rejonie o współrzędnych $x \geq 0,3L_0$ [m²];

F_{wd} – pole powierzchni części wodnicy przy zanurzeniu T w rejonie o współrzędnych $x \geq 0,3L_0$ [m²];

z_{pd} – odległość pionowa od letniej wodnicy ładunkowej do linii rzutowanego pokładu, mierzona na PD [m].

Wartości współczynników k_{wm} poprawione ze względu na $C_a = C_{av}$ mają zastosowanie przy określaniu momentów zginających w stanach załadowania statku wywołujących ugięcie lub wygięcie kadłuba na wodzie spokojnej.

Wartości k_{wm} poprawione ze względu na $C_a = C_{af}$ odnoszą się tylko do stanów załadowania wywołujących ugięcie kadłuba.

Jeżeli $C_{af} \geq 0,50$, to nie należy stosować poprawiania współczynników k_{wm} ze względu na C_{av} .

Poprawione wartości k_{wm} wynoszą:

– dla $C_a \leq c_1$

k_{wm} należy określać według 15.5.2.1 (bez poprawek);

– dla $C_a \geq c_2$

$k_{wm} = 1,2$ dla $-0,02L_0 \leq x \leq 0,15L_0$,

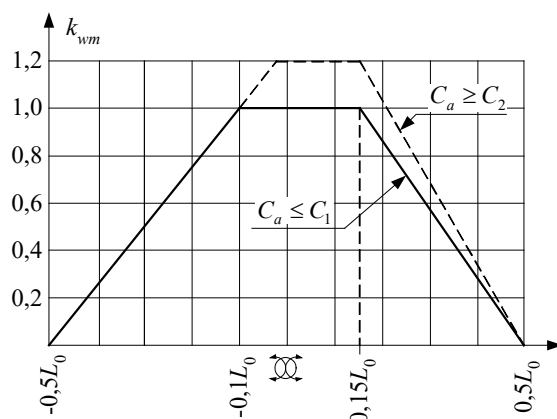
$k_{wm} = 0,0$ dla $x = -0,5L_0$ i $x = 0,5L_0$;

– dla pośrednich wartości $c_1 < C_a < c_2$ oraz współrzędnej x wartości k_{wm} należy określać przez interpolację liniową.

c_1 i c_2 – wartości graniczne wielkości C_a , które wynoszą:

$c_1 = 0,28$; $c_2 = 0,32$ w przypadku gdy $C_a = C_{av}$ oraz

$c_1 = 0,40$; $c_2 = 0,50$ w przypadku gdy $C_a = C_{af}$.



Rys. 15.5.2.2. Rozkład wartości współczynnika k_{wm} po długości statku

15.5.3 Poziomy falowy moment zginający

Obliczeniową wartość poziomego falowego momentu zginającego M_{wh} po długości statku należy określać według wzoru:

$$M_{wh} = 0,22L_0^{9/4}(T + 0,3B)\delta \left(1 + \cos \frac{2\pi x}{L_0}\right) \text{ [kNm]} \quad (15.5.3)$$

x – współrzędna wg rys. 1.2.3.1.

15.6 Zakres stosowania stali o podwyższonej wytrzymałości

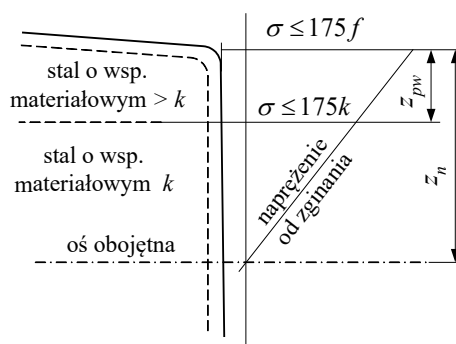
15.6.1 Jeżeli zastosowano stal PW, to pionowy zakres jej stosowania, mierzony od dna lub pokładu ku osi obojętnej poprzecznego przekroju kadłuba, powinien być nie mniejszy niż zakres określony według wzoru:

$$z_{pw} = z_n \frac{f-k}{f} \text{ [m]} \quad (15.6.1)$$

k – współczynnik materiałowy (według 2.2.1) dla elementów położonych w odległości od pokładu lub dna większej niż z_{pw} (rys. 15.6.1);

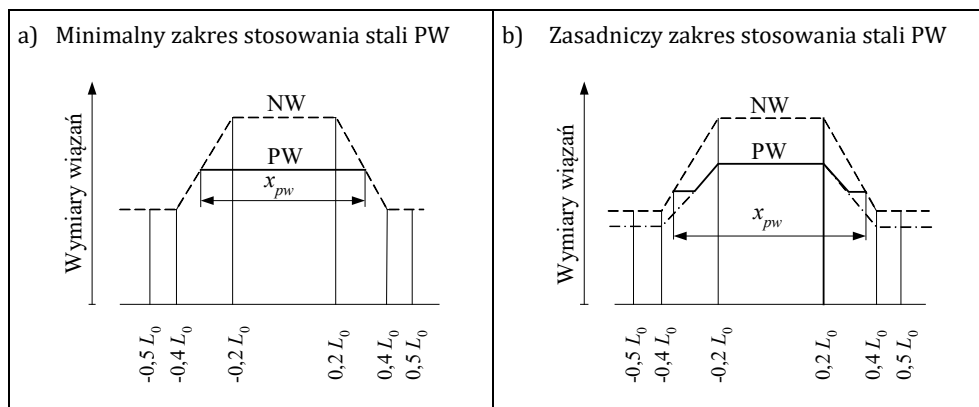
f – patrz 13.1.2;

z_n – patrz 15.1.2.



Rys. 15.6.1. Pionowy zakres stosowania stali o podwyższonej wytrzymałości

15.6.2 Jeżeli zastosowano stal PW, to wzdłużny zakres (x_{pw}) jej stosowania w dnie lub pokładzie powinien być nie mniejszy niż zakres podany na rys. 15.6.2.



Rys. 15.6.2. Wzdłużny zakres stosowania stali o podwyższonej wytrzymałości

Rys. 15.6.2-a) przedstawia przypadek stosowania wiązań ze stali PW w części środkowej statku ($-0,2L_0 \leq x \leq 0,2L_0$) i przedłużenia ich bez zmian wymiarowych i materiałowych do miejsca zrównania się ich wymiarów z wymiarami wymaganymi w tym miejscu dla wiązań wykonanych ze stali NW.

Rys. 15.6.2-b) przedstawia przypadek stosowania wiązań ze stali PW również poza częścią środkową statku, redukując w tym rejonie wymiary wiązań wzdłużnych zgodnie z wymaganiami niniejszej części *Przepisów*. Poza rejonem stosowania stali PW przedłuża się te wiązania bez zmian do miejsca zrównania się ich wymiarów z wymiarami wymaganymi w tym miejscu dla wiązań wykonanych ze stali NW.

15.7 Rzeczywiste geometryczne charakterystyki przekroju kadłuba

15.7.1 Wskaźnik przekroju i moment bezwładności przekroju kadłuba

15.7.1.1 W obliczeniach wskaźnika przekroju i momentu bezwładności poprzecznego przekroju kadłuba należy:

- uwzględnić powierzchnię przekroju ciągłych wiązań wzdłużnych (uwzględniając wpływ otworów zgodnie z 15.7.2);
- uwzględnić wiązania wzdłużne pomiędzy rzędami luków ze współczynnikiem redukcyjnym 0,6 lub w oparciu o analizę naprężeń, przeprowadzoną w uzgodniony z PRS sposób;
- nie uwzględniać nadbudówek, których pokłady nie są częścią pokładu wytrzymałościowego,
- nie uwzględniać pokładówek, nadburcia i nieciągłych wzdłużnych zrębnic luków.

Ciągłe wiązania wzdłużne mogą być uwzględnione przy obliczaniu wskaźnika przekroju kadłuba, jeżeli:

- wymiary przekroju poprzecznego tych wiązań są zachowane w obrębie $-0,2L_0 \leq x \leq +0,2L_0$;
- redukcja wymiarów wiązań poza tym rejonem jest stopniowa;
- zmiana charakterystyk wytrzymałościowych zastosowanych stali spełnia wymagania podane w 15.6.

W przypadkach szczególnych, uwzględniając typ statku, kształt kadłuba oraz stany załadowania, wymiary wiązań można stopniowo zmniejszać ku końcom środkowej części statku ($-0,2L_0 \leq x \leq 0,2L_0$), mając na uwadze dążenie do nieobniżania ładunkowej elastyczności statku.

15.7.1.2 Rzeczywisty wskaźnik przekroju kadłuba jest zasadniczo obliczany w odniesieniu do płaszczyzny podstawowej i do linii konstrukcyjnej pokładu wytrzymałościowego przy burcie.

Dla statków z ciągłymi wzdłużnymi zrębnicami luków lub innymi ciągłymi wiązaniami powyżej pokładu wytrzymałościowego efektywnie podpartego przez grodzie wzdłużne lub podpory,

przepisowy wskaźnik przekroju należy odnieść do linii położonej powyżej osi obojętnej w odległości określonej wg wzoru:

$$z_t = (z_n + z_a) \left(0,9 + \frac{y_a}{B} \right) \text{ [m]} \quad (15.7.1.2)$$

lecz nie mniejszej niż z_n ;

z_n – patrz 15.1.2;

z_a – odległość rozpatrywanego elementu od pokładu wytrzymałościowego [m];

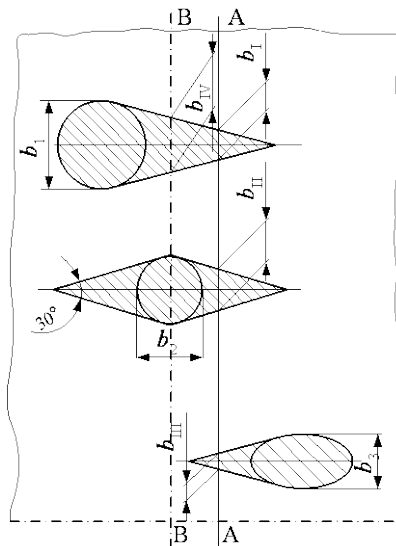
y_a – pozioma odległość rozpatrywanego elementu od płaszczyzny symetrii statku [m].

Współrzędne y_a i z_a punktu powinny być tak dobrane, aby otrzymana wartość z_t była największa.

15.7.2 Określenie wpływu otworów na efektywną powierzchnię przekroju kadłuba

15.7.2.1 Pole poprzecznego przekroju otworów o długości większej niż 2,5 m lub szerokości większej niż 1,2 m oraz pole podkrojów, jeżeli zastosowano spawanie podkrojowe, powinno być odjęte od pola powierzchni przekroju poprzecznego ciągłych wiązań wzdłużnych.

15.7.2.2 Wpływ małych otworów (włazów, otworów ulżeniowych) oraz nieefektywnych odcinków poprzecznego przekroju wiązań wzdłużnych (np. podkroje, otwory przepływowe lub odpowietrzające, rejony zakończeń wiązań, itp. – patrz rys. 15.7.2.2) może być pominięty przy obliczaniu poprzecznego przekroju tych wiązań, jeżeli nie spowoduje to zmniejszenia wskaźnika przekroju odniesionego do dna lub pokładu o więcej niż 3%. Wysokość tych otworów w usztywnieniach i wiązarach wzdłużnych nie powinna przekraczać 25% wysokości średnika (dla podkrojów także 75 mm), zaś odległość między pojedynczymi otworami lub grupami otworów mierzona wzdłuż usztywnienia (wiązara) powinna być nie mniejsza niż dziesięciokrotna wysokość otworu. Sumaryczna szerokość małych otworów w jednym przekroju poprzecznym dna lub pokładu, równa wartości $0,06(B - \sum b_i)$ ($\sum b_i$ – suma szerokości otworów), może być uważana jako równoważna określonemu powyżej zmniejszeniu wskaźnika przekroju.



Rys. 15.7.2.2. Przykłady określania wpływu otworów na efektywną powierzchnię przekroju

15.7.2.3 Przyjmuje się, że otwory, które mogą być pominięte, rozmieszczone są w przybliżeniu symetrycznie względem płaszczyzny symetrii statku oraz że nie przecinają żadnego ciągłego usztywnienia lub wiązara wzdłużnego uwzględnionego w obliczeniach pola przekroju kadłuba w środkowej części statku.

15.7.2.4 Pole powierzchni poprzecznego przekroju otworów, podlegające odjęciu od pola powierzchni poprzecznego przekroju kadłuba, może być całkowicie lub częściowo skompensowane przez zwiększenie grubości płyt, zastosowanie dodatkowych usztywnień wzdłużnych lub zwiększenie pola przekroju istniejących usztywnień i wiązarów w rejonie otworu. Zakres kompensacji powinien być przedłużony na odpowiednią odległość poza krawędź otworu. Dopuszcza się zastosowanie innych metod kompensacji, uzgodnionych z PRS.

15.7.2.5 Przy obliczaniu łącznej szerokości otworów w jednym przekroju poprzecznym należy uwzględnić wpływ poszczególnych otworów na sąsiednie przekroje, jak pokazano na rys. 15.7.2.2 zakreskowanymi polami, zawartymi pomiędzy dwiema stycznymi tworzącymi ze sobą kąt 30° i symetrycznymi względem osi wzdłużnej otworu. Np. łączna szerokość obliczeniowa otworów w przekroju A–A wynosi: $b_{A-A} = b_I + b_{II} + b_{III}$, a w przekroju B–B: $b_{B-B} = b_2 + b_{IV}$.

15.8 Wytrzymałość kadłuba na działanie sił poprzecznych

15.8.1 Zastosowanie

Wymagania podrozdziału 15.8 odnoszą się do statków:

- z pojedynczymi lub podwójnymi burtami bez efektywnych grodzi wzdłużnych,
- z dwiema lub większą liczbą efektywnych grodzi wzdłużnych.

Wytrzymałość na działanie sił poprzecznych statku z jedną grodzią wzdłużną podlega odrębnemu rozpatrzeniu przez PRS.

15.8.2 Wymagania ogólna

15.8.2.1 Dla sprawdzenia wytrzymałości kadłuba na ścinanie wyróżnia się następujące rejony długości i przekroje poprzeczne statku:

- rejon A_1 , rozciągający się od dziobowej grodzi rufowego zbiornika ładunkowego (rufowej ładowni) do rufowej grodzi dziobowego zbiornika ładunkowego (dziobowej ładowni);
- przekrój B_1 – przy dziobowej grodzi przedziału maszynowego umieszczonej na rufie; jeżeli przedział maszynowy jest przesunięty w kierunku owręża, to przekrój B_1 pokrywa się z rufowym ograniczeniem rejonu A_1 ;
- przekrój B_2 – przy rufowej grodzi skrajnika dziobowego; jeżeli pomiędzy skrajnikiem dziobowym i dziobowym zbiornikiem ładunkowym mieści się zbiornik głęboki, to przekrój B_2 znajduje się przy rufowej grodzi zbiornika głębokiego.

15.8.2.2 Wytrzymałość kadłuba statku na działanie sił poprzecznych uważa się za wystarczającą, jeżeli są spełnione następujące warunki:

- podane w 15.11.1 i w 15.11.2 warunki dotyczące grubości poszycia burt i efektywnych grodzi wzdłużnych, dostatecznej do przenoszenia przez te konstrukcje projektowych sił poprzecznych; mają one zastosowanie do wszystkich poprzecznych przekrojów statków bez efektywnych grodzi wzdłużnych oraz z dwiema efektywnymi grodziami wzdłużnymi;
- podany w 15.11.3 warunek minimalnej wytrzymałości kadłuba na ścinanie w przekrojach B_1 i B_2 przy zachowaniu określonych warunków obciążenia;
- podany w 15.11.4 warunek minimalnej sumy grubości poszycia burt oraz efektywnych grodzi wzdłużnych; odnosi się on do statków mających dwie lub więcej efektywnych grodzi wzdłużnych;

- podany w 15.11.4 warunek minimalnej grubości poszycia efektywnych grodzi wzdłużnych; odnosi się on do statków mających dwie efektywne grodzie wzdłużne.

15.8.2.3 Grubości poszycia burt i efektywnych grodzi wzdłużnych mniejsze od wymaganych w niniejszym podrozdziale mogą być zastosowane, jeżeli przedstawiona analiza naprężeń wykonana metodą uznaną przez PRS wykaże, że są one wystarczające.

15.8.2.4 W przypadku wykonania analizy naprężeń stycznych w płytach poszycia burt i efektywnych grodzi wzdłużnych ich grubość należy wyznaczać przyjmując dopuszczalne naprężenia styczne $\tau = 110k$ [MPa].

15.9 Poprzeczne obciążenia kadłuba na wodzie spokojnej

15.9.1 Stany załadowania

Siły poprzeczne na wodzie spokojnej Q_s należy określić w każdym przekroju poprzecznym kadłuba po długości statku, z uwzględnieniem stanów załadowania i stanów balastowych wymaganych w 15.4.2.

Określenie znaków – patrz rys. 15.4.1.1.

15.9.2 Rozkład sił poprzecznych po długości statku

Obliczeniowe wartości sił poprzecznych na wodzie spokojnej, obliczone według 15.9.1, powinny spełniać następujące warunki:

$$Q_s \geq k_s Q_{so} \quad [\text{kN}] \quad (15.9.2-1)$$

$$Q_{so} = \frac{5M_{so}}{L_0} \quad [\text{kN}] \quad (15.9.2-2)$$

M_{so} – moment zginający na wodzie spokojnej – patrz 15.4.3 lub 15.4.4 [kNm];

$k_s = 0$ dla $x = -0,5L_0$ i $x = +0,5L_0$,

$k_s = 1$ dla $-0,35L_0 \leq x \leq -0,2L_0$,

$k_s = 0,8$ dla $-0,1L_0 \leq x \leq +0,1L_0$,

$k_s = 1$ dla $+0,2L_0 \leq x \leq +0,35L_0$.

W rejonach pośrednich wartości k_s zmieniają się liniowo.

Jeżeli podział przestrzenny statku daje małe możliwości różnicowania rozkładu ładunku i balastu, to wartości Q_{so} można nie uwzględniać przy określaniu podstawy wyznaczania wymiarów wiązań kadłuba.

15.10 Falowe obciążenia poprzeczne

15.10.1 Wartości obliczeniowe falowych sił poprzecznych działających w poszczególnych poprzecznych przekrojach kadłuba po długości statku należy obliczać wg wzorów:

$$Q_{wp} = 0,3k_p C_w L_0 B (\delta + 0,7) \quad [\text{kN}] \quad (15.10.1-1)$$

$$Q_{wn} = -0,3k_w C_w L_0 B (\delta + 0,7) \quad [\text{kN}] \quad (15.10.1-2)$$

Q_{wp} – dodatnia falowa siła poprzeczna stosowana dla poprzecznych przekrojów kadłuba, w których siła poprzeczna na wodzie spokojnej jest dodatnia;

Q_{wn} – ujemna falowa siła poprzeczna stosowana dla poprzecznych przekrojów kadłuba, w których siła poprzeczna na wodzie spokojnej jest ujemna.

Dodatnie siły wewnętrzne pokazano na rys. 15.4.1.1.

$k_p = 0$ dla $x = -0,5L_0$ i $x = +0,5L_0$,

$$k_p = \frac{1,59\delta}{\delta+0,7} \quad \text{dla} \quad -0,3L_0 \leq x \leq -0,2L_0,$$

$$k_p = 0,7 \quad \text{dla} \quad -0,1L_0 \leq x \leq +0,1L_0,$$

$$k_p = 1,0 \quad \text{dla} \quad 0,2L_0 \leq x \leq +0,35L_0.$$

W rejonach pośrednich wartości k_p zmieniają się liniowo (patrz rys.15.10.1).

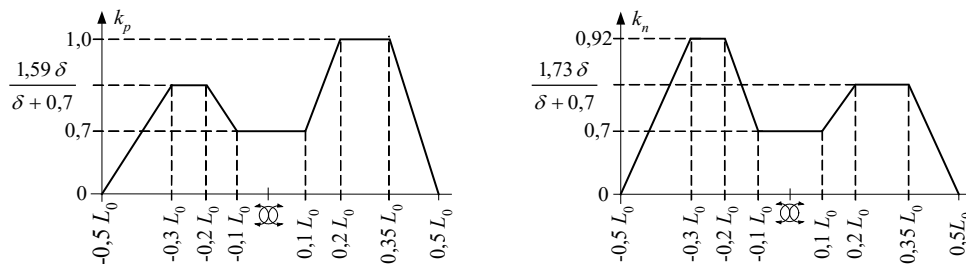
$$k_n = 0 \quad \text{dla} \quad x = -0,5L_0 \text{ i } x = +0,5L_0,$$

$$k_n = 0,92 \quad \text{dla} \quad -0,3L_0 \leq x \leq -0,2L_0,$$

$$k_n = 0,70 \quad \text{dla} \quad -0,1L_0 \leq x \leq +0,1L_0,$$

$$k_n = \frac{1,73\delta}{\delta+0,7} \quad \text{dla} \quad 0,2L_0 \leq x \leq 0,35L_0.$$

W rejonach pośrednich wartości k_n zmieniają się liniowo (patrz rys.15.10.1).



Rys. 15.10.1. Współczynniki k_p i k_n

15.10.2 Dla statków rozwijających duże prędkości lub mających duże rozchylenie burt w części dziobowej we wzorach 15.10.1-1 i 15.10.1-2 należy zastosować skorygowane wartości k_p i k_n . Poprawki zależą od wartości charakterystyk $C_a = C_{av}$ oraz $C_a = C_{af}$. Poprawione wartości k_p i k_n można określić przez pomnożenie ich wartości otrzymanych według 15.10.1 przez współczynnik r podany niżej:

$$\text{dla } C_a \leq c_1 \quad r = 1,0 \quad \text{w rejonie } -0,5L_0 \leq x \leq +0,5L_0;$$

$$\text{dla } C_a \geq c_2 \quad r = 1,0 \quad \text{w rejonie } x \leq +0,1L_0,$$

$$r = 1,2 \quad \text{w rejonie } 0,2L_0 \leq x \leq +0,35L_0,$$

$$r = 1,0 \quad \text{w przekroju } x = 0,5L_0.$$

Dla pośrednich wartości $C_1 < C_a < C_2$ oraz współrzędnej x , wartość r należy określać przez interpolację liniową.

$C_a, C_{av}, C_{af}, c_1, c_2$ – patrz 15.5.2.2.

15.11 Wymagania dla konstrukcji przenoszących siły poprzeczne

15.11.1 Na statkach bez efektywnych grodzi wzdłużnych grubość poszycia burty (w przypadku burt podwójnych – sumaryczna grubość poszycia burty zewnętrznej i wewnętrznej) powinna być nie mniejsza niż grubość obliczona wg wzoru:

$$t = \frac{0,5(Q_s + Q_w) \pm 0,5\Delta Q_s}{\tau} \frac{S_n}{l_n} 10^2 \quad [\text{mm}] \quad (15.11.1)$$

ΔQ_s – poprawka rzędnej krzywej sił poprzecznych kadłuba na wodzie spokojnej, uwarunkowana bezpośrednim przeniesieniem sił poprzecznych przez wzdłużne wiązania dna na grodzie poprzeczne na statkach o nierównomiernym wzdłużnym rozkładzie ładunku [kN]. Wartość ΔQ_s może być wyznaczona według 15.12.1, jeżeli wartość siły poprzecznej Q_s została wyznaczona w oparciu o analizę stanów załadowania statku.

Wartość $\Delta Q_s = 0$, jeżeli wartość siły poprzecznej Q_s została wyznaczona z warunku jej wartości minimalnej, tzn. jeżeli $Q_s = k_s Q_{s0}$ (patrz 15.9.2).

$\tau = 110k$ [MPa], jeżeli z wymagań w zakresie stateczności konstrukcji nie wynika mniejsza wartość.

Wartość ilorazu $\frac{S_n}{I_n}$ można przyjąć jako równą $\frac{1}{90H}$ dla osi obojętnej przekroju.

Dla innych poziomów wartość S_n należy określać względem osi obojętnej jako moment statyczny powierzchni przekroju wzdłużnych wiązań kadłuba znajdujących się między poziomem, dla którego obliczamy naprężenia styczne, a skrajnym punktem efektywnego przekroju wiązań po stronie rozpatrywanego poziomu.

15.11.2 Na statkach z dwiema efektywnymi grodziami wzdłużnymi grubość poszycia burty lub grodzi wzdłużnej powinna być nie mniejsza niż grubość obliczona wg wzoru:

$$t = \frac{|(0,5-k_s)(Q_s+Q_w)+\Delta Q_{sb}| S_n}{\tau I_n} 10^2 \quad [\text{mm}] \quad (15.11.2-1)$$

dla poszycia burtowego oraz wg wzoru:

$$t = \frac{|k_s(Q_s+Q_w)+\Delta Q_{sg}| S_n}{\tau I_n} 10^2 \quad [\text{mm}] \quad (15.11.2-2)$$

dla poszycia grodzi:

k_s – współczynnik udziału rozpatrywanej konstrukcji w przenoszeniu siły poprzecznej działającej w rozpatrywanym poprzecznym przekroju kadłuba:

$$k_s = 0,34 - 0,08 \frac{A_b}{A_w}$$

A_b – średnia wartość pola przekroju burty, przenoszącego ścinanie w rozpatrywanym zbiorniku burtowym, przyjmowana jako całkowity przekrój poprzeczny poszycia na wysokości H [cm²];

A_w – średnia wartość pola przekroju grodzi wzdłużnej lub burty wewnętrznej w rozpatrywanym zbiorniku burtowym, przyjmowana jako całkowity przekrój poprzeczny poszycia między dnem i pokładem dla grodzi płaskich. Dla grodzi profilowanych przyjmuje się 80% obliczonej w ten sposób powierzchni [cm²];

$\Delta Q_{sb}, \Delta Q_{sg}$ – poprawki sił poprzecznych dla poszycia burtowego i grodzi wzdłużnej. Sposób ich określenia – według 15.12.2.

15.11.3 Na statkach bez efektywnych grodzi wzdłużnych lub z dwiema efektywnymi grodziami wzdłużnymi grubości poszycia burt i efektywnych grodzi wzdłużnych w przekrojach B_1 i B_2 (patrz 15.8.2.1) powinny być nie mniejsze niż grubości określone według 15.11.1 lub 15.11.2. Należy przy tym uwzględnić stany załadowania statku omówione poniżej (niezależnie od stanów załadowania opisanych w 15.4.2).

Przy określaniu grubości poszycia burt i efektywnych grodzi wzdłużnych w rejonie dziobowej grodzi przedziału maszynowego (przekrój B_1) należy uwzględnić następujący stan załadowania: statek całkowicie załadowany z zapasami jak na wejściu do portu. Przy określaniu grubości poszycia burt i efektywnych grodzi wzdłużnych w przekroju B_2 należy uwzględnić następujące stany załadowania: stan balastowy z napełnionym skrajnikiem dziobowym lub statek całkowicie załadowany, z zapasami jak na wejściu do portu. Należy przyjąć większą wartość sumy grubości burt i grodzi wzdłużnych, wynikającą z tych stanów.

Jeżeli pomiędzy ładownią dziobową (dziobowym zbiornikiem ładunkowym) i skrajnikiem dziobowym mieści się zbiornik głęboki, to w rozpatrywanym balastowym stanie załadowania zbiornik głęboki powinien być również zapełniony.

Jeżeli skrajnik dziobowy oraz zbiornik głęboki nie są przewidziane do balastowania w stanie balastowym, to określenie sił poprzecznych w przekroju B_2 podlega odrębnemu rozpatrzeniu przez PRS.

15.11.4 Na statkach z dwiema lub większą liczbą efektywnych grodzi wzdłużnych suma grubości poszycia burt i grodzi wzdłużnych, mierzona na poziomie $z = 0,5H$, powinna być nie mniejsza niż suma obliczona wg wzoru:

$$\Sigma t = \frac{c^3 \sqrt{L_0 B}}{k} (0,8 + 0,1n) \Sigma t_k \quad [\text{mm}] \quad (15.11.4-1)$$

n – liczba efektywnych grodzi wzdłużnych;

$c = 2,7$ dla $n = 2$,

$c = 2,6$ dla $n > 2$.

Na statkach z dwiema efektywnymi grodziami wzdłużnymi grubość poszycia każdej grodzi, mierzona na poziomie $z = 0,5H$, powinna być nie mniejsza niż grubość obliczona wg wzoru:

$$t = \frac{0,6^3 \sqrt{L_0 B}}{k} t_k \quad [\text{mm}] \quad (15.11.4-2)$$

Powyżej poziomu $z = 0,5H$ grubość poszycia grodzi wzdłużnych może być stopniowo zmniejszana do wartości $0,9t$ przy pokładzie wytrzymałościowym. Wymagana wartość sumy grubości poszycia burt i efektywnych grodzi wzdłużnych powinna być zachowana w rejonie A_1 . Poza tym rejonem suma grubości poszyci powinna zmieniać się liniowo do wartości wymaganych według 15.11.3 w przekrojach B_1 i B_2 .

15.12 Poprawki krzywej sił poprzecznych

15.12.1 Jeżeli wartość siły poprzecznej Q_s została wyznaczona w oparciu o analizę stanów załadowania statku, to na statkach bez efektywnych grodzi wzdłużnych siła poprzeczna, przenoszona bezpośrednio na każdą z poprzecznych grodzi ograniczających rozpatrywaną ładownię, może być określona wg wzoru:

$$\Delta Q_s = C_p (P_h + \Sigma k_n P_n) - C_d T_1 \quad [\text{kN}] \quad (15.12.1-1)$$

P_h – masa ładunku lub balastu przewidziana do przewozu w rozpatrywanej ładowni [t];

P_n – masa paliwa lub balastu w dnie podwójnym, w zbiorniku nr n (lewa i prawa burta), znajdującym się pod rozpatrywaną ładownią [t];

T_1 – zanurzenie statku w środku długości rozpatrywanej ładowni [m];

C_p – współczynnik przeniesienia obciążenia ładowni [kN/t];

C_d – współczynnik przeniesienia sił wyporu [kN/m].

Wartości współczynników C_p i C_d można przyjąć jako stałe na całej długości ładowni, niezależnie od zmian wysokości zapełnienia ładowni ładunkiem i zmian zanurzenia po długości ładowni; wartości te można określić wg wzorów:

$$C_p = \frac{9,81}{V_h} C b l h \quad [\text{kN/t}] \quad (15.12.1-2)$$

$$C_d = 10 C b l \quad [\text{kN/m}] \quad (15.12.1-3)$$

$c = \frac{B}{2,2(B+l)}$ (dla projektów typowych);

b – szerokość płaskiej części dna podwójnego [m];

l – długość ładowni [m];

h – wysokość ładowni [m];

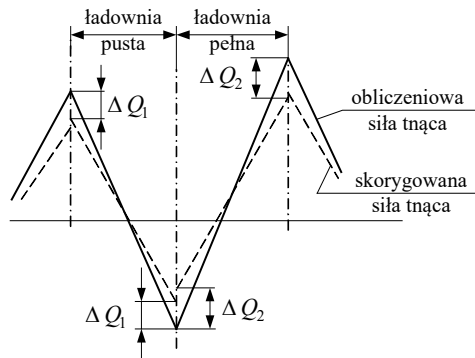
$k_n = \frac{V_h a_{np}}{h a_n a_p}$ – współczynnik obliczany dla każdego zapełnionego zbiornika;

V_h – objętość ładowni [m³];

- a_n – powierzchnia poziomego przekroju (lewa i prawa burta) zbiornika n , określona na poziomie dna wewnętrznego [m²];
- a_{np} – powierzchnia poziomego przekroju (lewa i prawa burta) na poziomie dna wewnętrznego tej części zbiornika n , która znajduje się w obrębie rozpatrywanej ładowni [m²];
- a_b – suma wszystkich powierzchni a_{np} [m²].

Wartość ΔQ_s należy odjąć od rzędnych krzywej sił poprzecznych występujących na grodziach końcowych ładowni pełnej znajdującej się pomiędzy ładowniami pustymi lub ładowni pustej znajdującej się pomiędzy ładowniami pełnymi (patrz rys. 15.12.1).

Dla innych stanów załadowania statku znak poprawki ΔQ_s należy określić w analogiczny sposób.



Rys. 15.12.1. Poprawka do krzywej sił poprzecznych

15.12.2 Dla statków z dwiema efektywnymi grodziami wzdłużnymi wielkości poprawek sił poprzecznych ΔQ_{sb} i ΔQ_{sg} , przenoszonych przez poszycie burt i grodzi wzdłużnych, podlegają odrębnemu rozpatrzeniu przez PRS. Wielkości te można określić stosując analizę wytrzymałości strefowej konstrukcji statku.

15.13 Kontrola obciążenia statku

15.13.1 Wymagania ogólne

15.13.1.1 Wszystkie nowo budowane statki o długości 65 m i większej powinny być zaopatrzone w środki kontroli obciążenia statku zgodnie z wymaganiami *Publikacji 16/P – Środki kontroli obciążenia statku*, tj.:

- statki kategorii I – w instrukcję kontroli obciążenia statku (*Podręcznik ładunkowy*) oraz przyrząd kontroli obciążenia statku (kalkulator ładunkowy),
- statki kategorii II – w instrukcję kontroli obciążenia statku (*Podręcznik ładunkowy*).

Z wymagania jw. są zwolnione statki kategorii II o długości mniejszej niż 90 metrów, których nośność nie przekracza 30% wyporności przy zanurzeniu do letniej wodnicy ładunkowej.

15.13.1.2 Instrukcja kontroli obciążenia statku podlega zatwierdzeniu przez PRS zgodnie z warunkami określonymi w *Publikacji 16/P – Środki kontroli obciążenia statku*.

15.13.1.3 Przyrząd kontroli obciążenia statku podlega procedurze zatwierdzania kończącej się wydaniem *Certyfikatu instalacyjnego*.

W procedurze tej mają odpowiednio zastosowanie wymagania określone w *Publikacji 16/P – Środki kontroli obciążenia statku*, *Publikacji 14/P – Zasady uznawania programów komputerowych*, *Publikacji 9/P – Wymagania dla systemów komputerowych* oraz *Publikacji 11/P – Próby środowiskowe wyposażenia statków*.

15.13.1.4 Instrukcja kontroli obciążenia statku oraz przyrząd kontroli obciążenia statku powinny być opracowane w oparciu o rzeczywiste parametry statku.

15.13.1.5 W przypadku dokonania zmian wpływających na podstawowe parametry statku, należy sporządzić i zatwierdzić nową instrukcję kontroli obciążenia statku. W takim przypadku, tam gdzie to ma zastosowanie, należy również zmienić i ponownie zatwierdzić przyrząd kontroli i obciążenia statku. Zainstalowany przyrząd należy poddać odpowiednim próbom.

15.13.1.6 Jeżeli do kontroli obciążenia statku wykorzystywany jest system monitorowania naprężeń kadłuba, to podlega on odrębnemu rozpatrzeniu i zatwierdzeniu przez PRS.¹

15.14 Wymagania dotyczące stateczności elementów konstrukcji kadłuba przenoszących naprężenia od zginania ogólnego kadłuba

15.14.1 Zasady ogólne

15.14.1.1 Wymagania podrozdziału 15.14 stanowią uzupełnienie wymagań rozdziału 13 przepisów dotyczących stateczności elementów konstrukcji kadłubów statków i są one równoważne wymaganiom IACS UR S35 Buckling Strength Assessment of Ship Structural Elements dotyczącym elementów konstrukcji kadłuba przenoszących naprężenia od zginania ogólnego kadłuba (patrz p. 15.14.4).

W podrozdziale 15.14 zastosowano liczne odwołania do wymagań *IACS Common Structural Rules for Bulk Carriers and Oil Tankers (CSR), Chapter 8 – Buckling*, które są równoważne wymaganiom IACS UR S35. W ten sposób zapewniono spójność wymagań niniejszego podrozdziału 15.14 z wymaganiami IACS UR S35 dotyczącymi stateczności elementów konstrukcji przenoszących naprężenia od zginania ogólnego kadłuba statku.

15.14.1.2 Elementy konstrukcji kadłuba statku podlegające wymaganiom podrozdziału 15.14 to płyty poszycia (także płyty środników wiązarów), wzdłużne usztywnienia poszycia (także usztywnienia środników wiązarów), wiązary oraz inne elementy konstrukcji przenoszących naprężenia od zginania ogólnego kadłuba.

15.14.1.3 Rejony kadłuba statku podlegające ocenie stateczności elementów konstrukcji przenoszących naprężenia od zginania ogólnego są identyczne z określonymi w p. 13.3.1.2 do p. 13.3.1.4.

15.14.2 Koncepcja grubości netto elementów konstrukcji

15.14.2.1 Wymagania podrozdziału 15.14 dotyczą elementów konstrukcji o tzw. grubości netto, tzn. grubości projektowej (pokazanej na rysunkach konstrukcyjnych kadłuba statku) płyt poszycia, usztywnień poszycia i wiązarów zmniejszonej o całą wartość nadatku korozyjnego t_c – o ile w poszczególnych punktach nie postanowiono inaczej.

15.14.2.2 Wartości nadatków korozyjnych t_c należy wyznaczyć, stosując ogólne wymagania *CSR, Chapter 3, Section 3, p. 1.2*, gdzie stosowane są odrębne wartości nadatku t_{c1} oraz t_{c2} dla każdej z dwóch stron elementów konstrukcji oraz wymagana jest wartość „reszkowa” $t_{res} = 0,5$ mm.

Wartości t_{c1} oraz t_{c2} dla elementów konstrukcji w przestrzeniach suchych, w ładowniach do ładunków innych niż ładunki masowe lub ładunki płynne typowe dla zbiornikowców olejowych, wykonanych ze stali kadłubowej, należy jednak przyjmować zgodnie z poniższą tabelą 15.4.2.2 – zamiast wartości wg tabeli 1 w *CSR, Chapter 3, Section 3*.

¹ Zalecane jest spełnienie wymagań określonych w wydanym przez IMO cyrkularzu MSC/Circ. 646.

Wyżej wymieniona tabela 1 w *CSR, Chapter 3, Section 3* powinna być natomiast stosowana w wymaganiach niniejszego podrozdziału 15.14 do ładowni dla ładunków masowych lub ładunków płynnych typowych dla zbiornikowców olejowych.

Zastosowanie mają wartości minimum całkowitych naddatków korozyjnych wymaganych w *CSR, Chapter 3, Section 3, p. 1.2.2*.

Na podstawie odrębnego rozpatrzenia i analizy Planu Ogólnego statku PRS może zaakceptować zastosowanie innych wartości t_c niż określono wyżej.

Tabela 15.4.2.2
Naddatki korozyjne dla każdej ze stron elementu konstrukcji

Przedział/pomieszczenia na statku		t_{c1} lub t_{c2}
Zbiorniki balastu, studzienki zęzowe, zbiorniki wody zęzowej		1,00
Elementy zewnętrzne (w kontakcie z powietrzem)		1,00
Elementy zewnętrzne (w kontakcie z wodą morską) ⁽¹⁾		1,00
Zbiorniki paliwa lub oleju smarowego		0,50
Zbiorniki wody słodkiej		0,50
Przestrzenie puste		0,50
Przestrzenie suche (w maszynowniach, pompowniach, pomieszczeniach maszyn sterowych, korytarzach, itp.)		0,50
Ładownie kontenerowców i drobnicowców, przestrzenie na ładunek statków ro-ro	Grodzie poprzeczne	0,50
	Pozostałe konstrukcje	1,00
Przestrzenie załogowe		0,00
Pozostałe przestrzenie na statku		0,50
⁽¹⁾ Przy wyznaczaniu naddatku korozyjnego poszycia kadłuba tunel rurociągów należy traktować jako zbiornik balastowy.		

15.14.3 Smukłość elementów konstrukcji kadłuba

15.14.3.1 Usztywnienia poszycia przenoszące naprężenia od zginania ogólnego kadłuba statku powinny spełniać podane w *CSR, Chapter 8, Section 2, p. 3.1* wymagania dotyczące smukłości i proporcji wymiarowych przekroju poprzecznego. Wymiary przekroju poprzecznego popularnych typów przekrojów usztywnień zdefiniowano w *CSR, Chapter 8, Section 2, Figure 1*.

15.14.3.2 Proporcje wymiarowe środka i mocnika wiązarów przenoszące naprężenia od zginania ogólnego kadłuba statku powinny spełniać wymagania podane w *CSR, Chapter 8, Section 2, p. 4.1*.

Proporcje wymiarów oraz sztywność na zginanie usztywnień środka wiązarów powinny spełniać wymagania podane w *CSR, Chapter 8, Section 2, p. 4.2*.

15.14.4 Obliczanie naprężeń do analizy stateczności elementów konstrukcji

15.14.4.1 Naprężenia normalne σ_{hg} od zginania ogólnego kadłuba statku, stosowane w ocenie stateczności elementów konstrukcji wg wymagań p. 15.14.6, powinny być obliczane jako σ_r wg p. 13.3.2.7. Należy przy tym stosować wartość momentu bezwładności rozpatrywanego przekroju kadłuba, I_n , obliczaną dla grubości elementów konstrukcji równej grubości projektowej (pokazanej na rysunkach konstrukcyjnych kadłuba) zmniejszonej o połowę wymaganej wartości t_c (patrz p. 15.14.2).

15.14.4.2 Naprężenia styczne τ_{hg} od zginania ogólnego kadłuba statku, stosowane w ocenie stateczności elementów konstrukcji wg wymagań p. 15.14.6, powinny być obliczane w przekrojach poprzecznych kadłuba z zastosowaniem modelu belki o przekroju cienkościennym, przyjmując wartości siły poprzecznej:

$$Q = Q_s + Q_w \quad (15.14.4.2-1)$$

gdzie:

Q_s – obliczeniowa wartość siły poprzecznej na wodzie spokojnej wyznaczana wg wymagań p. 15.9;
 Q_w – obliczeniowa wartość falowej siły poprzecznej Q_{wp} lub Q_{wn} , wyznaczana wg wymagań p. 15.10.

Q_s i Q_w stosowane do wyznaczenia Q wg wzoru 15.14.4.2-1 powinny być tego samego znaku.

Wartość strumienia naprężeń stycznych q_i , w [N/mm]], w i -tej płycie przekroju poprzecznego kadłuba, o grubości t_{i-n50} , w [mm], równej grubości projektowej (pokazanej na rysunkach konstrukcyjnych kadłuba) zmniejszonej o połowę wymaganej wartości t_c (patrz p. 15.14.2) może być obliczana wg wymagań *CSR, Chapter 5, Appendix 1*.

Wartość q_i jest obliczana dla $Q = 1.0$ N.

Wartość I_{y-n50} występująca we wzorach w przywołanym wyżej *Appendix 1* jest obliczana dla grubości t_{n50} określonej wyżej.

Wartość naprężeń stycznych τ w i -tej płycie, w [MPa], należy obliczać ze wzoru:

$$\tau = \tau_{hg} = \left| \frac{Q \cdot q_i}{t_{i-n50}} \right| \cdot 10^3 \quad (15.14.4.2-2)$$

Wartość Q w powyższym wzorze, obliczona wg wzoru 15.14.4.2-1, powinna być wyrażona w [kN].

15.14.5 Warianty naprężeń do oceny stateczności elementów konstrukcji

15.14.5.1 Każde pole płytowe poszycia (patrz definicja EPP w *CSR, Chapter 3, Section 7, p. 2.1.1*), środniki wiązarów, wzdłużne usztywnienia poszycia i poziome fale profilowanych grodzi wzdłużnych powinny spełniać kryteria stateczności określone w p. 15.14.6, w wariantach naprężeń określonych niżej, w punktach a) i b).

Symbol σ_x poniżej oznacza naprężenia normalne w kierunku dłuższego boku płyty, a σ_y – naprężenia normalne w kierunku krótszego boku płyty.

Znaczenie σ_{hg} wyjaśniono w p. 15.14.4.1, a τ_{hg} – w p. 15.14.4.2.

Wartości naprężeń ściskających należy przyjmować jako dodatnie, a rozciągających – jako ujemne.

Wymagane warianty naprężeń:

a) wzdłużny system usztywnień poszycia:

- w wariantcie 1 należy stosować:

$$\begin{aligned} \sigma_x &= \sigma_{hg} \\ \sigma_y &= 0 \\ \tau &= 0,7\tau_{hg} \end{aligned}$$

- w wariantcie 2 należy stosować:

$$\begin{aligned} \sigma_x &= 0,7\sigma_{hg} \\ \sigma_y &= 0 \\ \tau &= \tau_{hg} \end{aligned}$$

b) poprzeczny system usztywnień poszycia:

- w wariancie 1 należy stosować:

$$\begin{aligned}\sigma_x &= 0 \\ \sigma_y &= \sigma_{hg} \\ \tau &= 0,7\tau_{hg}\end{aligned}$$

- w wariancie 2 należy stosować:

$$\begin{aligned}\sigma_x &= 0 \\ \sigma_y &= 0,7\sigma_{hg} \\ \tau &= \tau_{hg}\end{aligned}$$

15.14.6 Kryteria stateczności elementów konstrukcji

15.14.6.1 Zasady ogólne

Elementy konstrukcji kadłuba wymienione w p. 15.14.6.3 do p.15.14.6.7 powinny spełnić poniższe kryterium, przy dowolnej możliwej formie utraty stateczności:

$$\eta_{act} \leq \eta_{all} \quad (15.14.6.1)$$

gdzie:

$\eta_{act} = \frac{1}{\gamma_c}$ – współczynnik odporności na wyboczenie zdefiniowany w *CSR, Chapter 8, Section 1, p. 3.2*, odpowiadający wartościom naprężeń określonym w p. 15.14.5;

γ_c – mnożnik wartości naprężeń obliczany wg wymagań określonych w p. 15.14.6.3 do p. 15.14.6.7;

η_{all} – dopuszczalna wartość współczynnika odporności na wyboczenie; należy przyjmować $\eta_{all} = 1,0$ przy zastosowaniu wartości naprężeń wg wymagań p. 15.14.5.

Wartość η_{act} należy obliczać dla grubości netto elementów konstrukcyjnych, tzn. dla grubości projektowych zmniejszonych o $1,0 \cdot t_c$, gdzie t_c oznacza wartość nadatku korozyjnego wg wymagań p. 15.14.2.2.

15.14.6.2 Definicje i założenia

Zastępcze pole płytowe (EPP)

Model usztywnionego poszycia w formie tzw. zastępczego pola płytowego (EPP) jest stosowany w wymaganiach niniejszego podrozdziału 15.14 do oceny odporności na wyboczenie (stateczności).

EPP oznacza nieusztywniony fragment poszycia pomiędzy usztywnieniami i/lub wiązarami. Długość i szerokość EPP określono w *CSR, Chapter 3, Section 7, p. 2.1.1* wraz z zamieszczonym tam rysunkiem 16.

Wymagania dotyczące grubości i materiału EPP, gdzie poszycie w obszarze EPP składa się z fragmentów o różnych grubościach lub różnych parametrach materiału podano w *CSR, Chapter 8, Section 3, p. 1.2*.

Punkt obliczeniowy obciążenia (LCP)

W analizie stateczności elementów konstrukcji wg wymagań niniejszego podrozdziału 15.14 należy stosować wartości ciśnienia i naprężeń w punkcie zwanym LCP.

Naprężenia stosowane w ocenie stateczności EPP należy przyjmować wg wymagań określonych w *CSR, Chapter 3, Section 7, p. 2.2.2*.

Naprężenia i ciśnienia stosowane w ocenie stateczności usztywnień należy przyjmować wg wymagań określonych w *CSR, Chapter 3, Section 7, p. 3.2.1 i p. 3.2.2*.

Model obliczeniowy typu SP-A

Symbol SP-A oznacza, że model płyty usztywnionej jest rozpatrywany zgodnie z tzw. *Method A* (definicje *Method A* i *Method B* podano w *CSR, Chapter 8, Section 1, p. 3.1.3*).

Standardowe typy usztywnień

Standardowe typy usztywnień zdefiniowano w *CSR, Chapter 8, Section 2, Figure 1*.

Usztywnienia w formie płaskowników łebkowych (HP) mogą być traktowane jako równoważne kątowniki, wg wymagań *CSR, Chapter 3, Section 7, p. 1.4.1*.

15.14.6.3 Płyta usztywniona

Wartość η_{act} (patrz p. 15.14.6.1) należy obliczać wg wymagań *CSR, Chapter 8, Section 5, p. 2.1*.

Wartość γ_c należy obliczać jako γ_{GEB} wg wymagań *CSR, Chapter 8, Section 5, p. 2.2.7* dotyczących tzw. oceny normatywnej (*prescriptive assessment*), stosując wartości naprężeń w LCP.

15.14.6.4 Płyty

Wartość η_{act} (patrz p. 15.14.6.1) należy obliczać wg wymagań *CSR, Chapter 8, Section 5, p. 2.2* do oceny stateczności EPP, stosując model obliczeniowy typu SP-A (patrz p. 15.14.6.2) i wartości naprężeń w LCP (patrz definicje w p. 15.14.6.2).

W przypadku EPP, gdzie grubość blachy lub materiał nie są jednakowe na całej szerokości i długości płyty należy stosować wymagania *CSR, Chapter 8, Section 3, p. 1.2*.

W przypadku poszycia zakrzywionego η_{act} należy obliczać, stosując równania określające tzw. stan graniczny, podane w *CSR, Chapter 8, Section 5, p. 2.2.6*, stosując tam $\sigma_{ax} = \sigma_x$ lub $\sigma_{ax} = \sigma_y$ (patrz p. 15.14.5.1) oraz $\sigma_{tg} = 0$.

15.14.6.5 Usztywnienia

Ocena stateczności usztywnień wg wymagań niniejszego p. 15.14.6.5 jest wymagana tylko wówczas, gdy płyta usztywniona spełnia kryteria stateczności wg wymagań p. 15.14.6.3.

Usztywnienia stosowane w konstrukcji kadłuba statku zazwyczaj są typu standardowego (patrz definicje w p. 15.14.6.2).

Płaskowniki łebkowe można traktować w obliczeniach jako równoważne kątowniki, wg wymagań *CSR, Chapter 3, Section 7, p. 1.4.1*.

Wartość η_{act} (patrz p. 15.14.6.1) należy obliczać, stosując wartość współczynnika γ wyznaczoną wg wymagań *CSR, Chapter 8, Section 5, p. 2.3*, stosując wartość σ_x obliczoną wg wymagań p. 15.14.5.1 w LCP (patrz definicje w p. 15.14.6.2) oraz przyjmując do obliczeń współczynnik bezpieczeństwa $S = 1,0$.

W określonych wyżej obliczeniach należy stosować statyczną wartość ciśnienia zewnętrznego odpowiadającego wartości zanurzenia w danym stanie załadowania statku oraz statyczną wartość ciśnienia wewnętrznego od ładunku masowego lub ciekłego lub balastu. Należy założyć, że wartość ciśnienia jest stała wzdłuż rozpiętości usztywnienia.

15.14.6.6 Środniki wiązarów

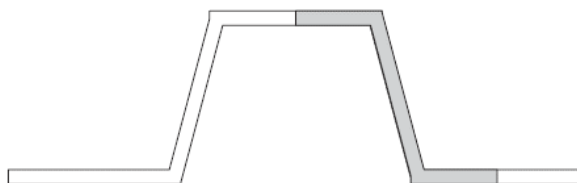
Płyty środników wiązarów, bez otworów, powinny spełniać wymagania p. 15.14.6.4 przy uwzględnieniu tylko naprężeń normalnych σ_x lub σ_y (patrz p. 15.14.5.1).

W przypadku środników z otworami należy spełnić wymagania p. 13.4.3.

15.14.6.7 Wzdłużne grodzie profilowane o falach poziomych

W przypadku wzdłużnych grodzi profilowanych o falach poziomych należy stosować belkowy model pojedynczych fal grodzi o przekroju poprzecznym złożonym z połowy mocnika, środnika i połowy naprzeciwległego mocnika (patrz fragment w szarym kolorze na rys. 15.14.6.7).

Wartość η_{act} (patrz p. 15.14.6.1) należy obliczać jako η wg wymagań *CSR, Chapter 8, Section 5, p. 3.1.1*, gdzie należy stosować wartość $\sigma_E = \sigma_{EC}$ obliczaną wg *CSR, Chapter 8, Section 5, p. 3.1.2*.



Rys. 15.14.6.7 Pojedyncza fala grodzi

16 MIEJSCOWE OBCIĄŻENIA KONSTRUKCJI

16.1 Zasady ogólne

16.1.1 Zastosowanie

16.1.1.1 Wartości obciążeń obliczeniowych określone według wskazań podanych niżej mają zastosowanie przy wymiarowaniu płyt poszycia, usztywnień, wiązarów zwykłych, złożonych układów wiązarów i wiązań typu podporowego, wchodzących w skład poszczególnych konstrukcji kadłuba. Są to wartości obliczeniowe, które mogą być zastosowane wyłącznie w ramach przyjętej koncepcji wymagań.

PRS może zaakceptować, po specjalnym rozpatrzeniu, wartości obciążeń projektowych obliczone bezpośrednio, stosując metody opisane w Publikacji 35/I – Wave Loads on Ships

16.1.1.2 Obliczeniowe ściskające siły osiowe stosowane przy wymiarowaniu wiązań typu podporowego należy określać według wskazań podrozdziału 13.7.

16.1.2 Składowe obciążenia obliczeniowe

Przy ustalaniu obliczeniowych obciążeń konstrukcji zostały uwzględnione statyczne i dynamiczne składowe obciążenia wywołane przez:

- oddziaływanie morza (patrz 16.2),
- oddziaływanie płynów w zbiornikach (patrz 16.3),
- oddziaływanie ładunków suchych, zapasów i wyposażenia (patrz 16.4).

16.1.3 Wymagania ogólne

16.1.3.1 W ogólnym przypadku na rozpatrywane poszycie i podpierające je wiązania mogą działać obciążenia z obu stron. Należy je określać niezależnie i jako obciążenia obliczeniowe przyjmując wartości wyższe. W szczególnych przypadkach jako obciążenie obliczeniowe można przyjąć różnicę obciążeń działających po obu stronach poszycia, jeżeli oba obciążenia zawsze działają równocześnie.

16.1.3.2 Zbiorniki służące do przewozu oleju powinny być obliczone dla cieczy o gęstości równej gęstości wody morskiej:

$$\rho = 1,025 \text{ t/m}^3.$$

16.1.3.3 Konstrukcja zbiorników do przewozu cieczy o większej gęstości podlega odrębnemu rozpatrzeniu przez PRS. W przypadku zatwierdzenia konstrukcji gęstość przyjęta w projekcie wpisywana jest w załączniku do *Świadectwa klasy*.

16.1.3.4 Składniki ciśnień lub współczynniki uwzględniające we wzorach dynamiczną część miejscowych obciążeń konstrukcji dla nieograniczonego rejonu pływania mogą być w przypadku statków ograniczonego rejonu żeglugi zmniejszone następująco:

- dla rejonu **II** o 10%,
- dla rejonu **III** o 30%,
- dla statków pasażerskich Class C o 40%,
- dla statków pasażerskich Class D o 50%.

Szczegółowe wskazania w tym zakresie podane są przy omawianiu poszczególnych obciążeń

16.1.4 Oznaczenia

b_a – największa poprzeczna odległość mierzona równoległe do osi y od punktu przyłożenia wypadkowej obciążenia do górnego naroża zbiornika najbardziej odległego od tego punktu [m];

- b_s – szerokość szczytu zbiornika [m];
- b_z – odległość mierzona równoległe do osi y pomiędzy bocznymi ścianami zbiornika lub wzdłużnymi grodziami przelewowymi na wysokości rozpatrywanego punktu przyłożenia wypadkowej obciążenia [m];
- g – przyspieszenie ziemskie [m/s^2] (patrz 1.2.2);
- h_a – pionowa odległość mierzona od punktu przyłożenia wypadkowej obciążenia do szczytu zbiornika lub zrębicy luku [m]; dla wysokich wąskich zbiorników wartość h_a można przyjmować jako nie większą niż 15-krotna najmniejsza szerokość (lub długość) zbiornika, mierzona nad punktem przyłożenia wypadkowej obciążenia;
- h_g – pionowa odległość mierzona od punktu przyłożenia obciążenia do pokładu grodziowego na statkach pasażerskich oraz pokładu wolnej burty na statkach towarowych [m]. (Patrz rezolucja MSC.429(98)/Rev.2 - : *Znowelizowane objaśnienia do Rozdziału II-1 Budowa – konstrukcja, niezatapialność i stateczność (Revised explanatory notes to the SOLAS Chapter II-1 Sub-division and Damage Stability Regulation)*);
Jeżeli odległość od letniej wodnicy ładunkowej do szczytu grodzi jest znaczna, to określenie wartości h_g może być oparte na analizie niezatapialności statku;
- h_p – pionowa odległość mierzona od punktu przyłożenia wypadkowej obciążenia do górnego zakończenia rury odpowietrzającej [m];
- h_o – pionowa odległość mierzona od letniej wodnicy ładunkowej do punktu przyłożenia wypadkowej obciążenia [m];
- h_z – wysokość zbiornika [m];
- l_a – największa wzdłużna odległość mierzona równoległe do osi x , od punktu przyłożenia wypadkowej obciążenia do najbardziej oddalonego górnego naroża zbiornika [m];
- l_s – długość szczytu zbiornika [m];
- l_z – odległość mierzona równoległe do osi x pomiędzy poprzecznymi grodziami szczelnymi lub przelewowymi zbiornika na wysokości rozpatrywanego elementu konstrukcyjnego [m];
- $p_0 = 25$ kPa – ogólnie,
- $p_0 = 15$ kPa – na statkach do przewozu ładunków suchych w ładowniach przewidzianych do przyjmowania balastu; przyjęta wartość p_0 powinna być nie mniejsza od ciśnienia p_v ;
- p_v – ciśnienie, przy którym otwiera się zawór bezpieczeństwa [kPa];
- T_m – minimalne zanurzenie projektowe statku [m]; wartość T_m należy w zasadzie przyjmować jako równą $0,35T$ dla statków do przewozu ładunków suchych oraz $0,02L_0 + 2$ – dla zbiornikowców;
- ρ – gęstość ładunku, balastu lub zapasów [t/m^3];
- $P(x, y, z)$ – punkt statku, w którym obliczane jest ciśnienie od działania morza;
- p_i – ciśnienie od działania morza w punkcie P , $i = 1, \dots, 5$ [kPa].

16.2 Oddziaływanie morza

16.2.1 Wymagania ogólne

Ciśnienie zewnętrzne, wywołane przez środowisko morskie, działające na dno, burty i pokłady otwarte należy obliczać według wzorów podanych w podrozdziale 16.2.

16.2.2 Ciśnienia zewnętrzne na kadłubie statku

16.2.2.1 W punkcie $P(x, y, z)$, należącym do burty statku poniżej letniej wodnicy ładunkowej lub należącym do dna, ciśnienie zewnętrzne od działania morza należy określać wg wzoru:

$$p_1 = 0,5p_{ab} + 10(T_S - z) \text{ [kPa]} \quad (16.2.2.1-1)$$

$$p_{ab} = (1 + 0,036v)[0,7Z_A + k_x\theta_A + 3|y|\Phi_A] + 0,02L_0 \cdot [10 - 0,25(T_S - z)] \text{ [kPa]} \quad (16.2.2.1-2)$$

$$k_x = \begin{cases} -4(x + 0,05L_0) & \text{dla } x < -0,05L_0 \\ 5,4(x + 0,05L_0) & \text{dla } x \geq -0,05L_0 \end{cases} \quad (16.2.2.1-3)$$

v – prędkość statku [węzły];

Z_A, Θ_A, Φ_A – patrz 17.3.2 i 17.3.3;

x, y, z – współrzędne punktu $P(x, y, z)$ – patrz rys. 17.2.1.

16.2.2.2 W punkcie $P(x, y, z)$, należącym do burty na poziomie nieosłoniętego pokładu, ciśnienie od działania morza należy określać wg wzoru:

$$p_2 = 0,5p_{ds} \quad [\text{kPa}] \quad (16.2.2.2-1)$$

$$p_{ds} = \rho g [S_A - (z - T_S)] \quad [\text{kPa}] \quad (16.2.2.2-2)$$

$\rho = 1,025 \text{ t/m}^3$;

przy czym należy przyjąć, że:

$$[S_A - (z - T_S)] \geq 2$$

S_A – patrz 17.3.7;

$z - T_S$ – odległość między letnią wodnicą ładunkową a punktem P .

16.2.2.3 Pomiędzy poziomem pokładu a letnią wodnicą ładunkową ciśnienie należy określać przy pomocy interpolacji liniowej. W krańcowych punktach ciśnienie określone jest wzorami 16.2.2.1-1 i 16.2.2.2-1.

16.2.2.4 W punkcie $P(x, y, z)$, należącym do nieosłoniętego pokładu, ciśnienie zewnętrzne od działania morza należy określać wg wzoru:

$$p_3 = 0,5p_{dd} \quad [\text{kPa}] \quad (16.2.2.4-1)$$

$$p_{dd} = 0,5\rho(g + 0,5a_v)[S_A - (z - T_S)] \quad [\text{kPa}] \quad (16.2.2.4-2)$$

przy czym należy przyjąć, że:

$$[S_A - (z - T_S)] \geq 2$$

S_A i a_v – patrz 17.3.7 i 17.4.1;

$\rho = 1,025 \text{ t/m}^3$.

16.2.2.5 Ciśnienie zewnętrzne działające na dno i burty statku, które może być odjęte od ciśnień wewnętrznych w zbiornikach przyległych do tych konstrukcji, odpowiada minimalnemu zanurzeniu projektowemu statku na wodzie spokojnej. Jego wartość należy określać wg wzoru:

$$p = \rho g (T_m - z) \quad [\text{kPa}] \quad (16.2.2.5)$$

przy czym powinno być $p \geq 0$;

$\rho = 1,025 \text{ t/m}^3$;

z – współrzędna rozpatrywanego punktu.

16.2.3 Ciśnienia zewnętrzne działające na nadbudowy

16.2.3.1 Wywołane przez środowisko morskie ciśnienia zewnętrzne, działające na nieosłoniętą ścianę nadbudówki lub pokładówki (szybu maszynowego), można określać wg wzorów podanych w 16.2.3.2 i 16.2.3.3.

16.2.3.2 W punkcie $P(x, y, z)$ należącym do nieosłoniętej dziobowej ściany nadbudówki lub pokładówki:

$$p_4 = 3p_{dd} \quad [\text{kPa}] \quad (16.2.3.2)$$

przy czym należy przyjąć, że: $[S_A - (z - T_S)] \geq 1$;

p_{dd} – patrz 16.2.2.4.

16.2.3.3 W punkcie $P(x, y, z)$ należącym do nieosłoniętych bocznych oraz tylnych ścian nadbudówek i pokładówek:

$$p_5 = 0,5p_{ds} \text{ [kPa]} \quad (16.2.3.3)$$

przy czym należy przyjąć, że: $[S_A - (z - T_s)] \geq 1$;

S_A – patrz 17.3.7;

z – współrzędna rozpatrywanego punktu;

p_{ds} – patrz 16.2.2.2.

16.2.4 Ciśnienia w przypadkach awaryjnych

16.2.4.1 Ciśnienie obliczeniowe dla grodzi wodoszczelnej (po zalaniu przedziału) należy określać wg wzoru:

$$p_{d1} = \rho gh_g \text{ [kPa]} \quad (16.2.4.1)$$

$$\rho = 1,025 \text{ t/m}^3.$$

16.2.4.2 Ciśnienie obliczeniowe dla dna wewnętrznego po zalaniu dna podwójnego należy przyjmować nie mniejsze niż ciśnienie obliczone wg wzoru:

$$p_{d2} = \rho gT_s \quad (16.2.4.2)$$

$$\rho = 1,025 \text{ t/m}^3.$$

Ciśnienie to jest również ciśnieniem minimalnym przy wymiarowaniu denników i wzdłużników szczelnych, stanowiących ograniczenia zbiorników dna podwójnego.

16.3 Oddziaływanie cieczy w zbiornikach

16.3.1 Wymagania ogólne

Jeżeli zbiorniki przeznaczone do przewozu cieczy mogą być albo wypełnione, albo puste, to ciśnienia obliczeniowe działające na poszczególne konstrukcje ograniczające te zbiorniki należy określać według 16.3.2. Konstrukcjami ograniczającymi zbiorniki są: konstrukcje dna zewnętrznego i wewnętrznego, burt, obła, pokładów platform, szczelnych ścian (grodzi) zbiorników o dowolnym usytuowaniu przestrzennym. Konstrukcje te mogą być wspólnymi ograniczeniami sąsiadujących zbiorników i w tym przypadku należy rozpatrzeć je jako ograniczenie każdego zbiornika oddzielnie.

16.3.2 Ciśnienie cieczy w zbiornikach całkowicie wypełnionych

Jako ciśnienia obliczeniowe dla konstrukcji ograniczających zbiorniki całkowicie wypełnione należy przyjąć największe z ciśnień $p_6 \div p_{10}$, obliczonych według następujących wzorów:

$$p_6 = (g + 0,5a_v)\rho h_a \text{ [kPa]} \quad (16.3.2-1)$$

$$p_7 = 0,67\rho gh_p \text{ [kPa]} \quad (16.3.2-2)$$

$$p_8 = g\rho h_a + p_0 \text{ [kPa]} \quad (16.3.2-3)$$

$$p_9 = g\rho[0,67(h_a + \theta_A l_a) - 0,12\sqrt{h_z l_s \theta_A}] \text{ [kPa]} \quad (16.3.2-4)$$

$$p_{10} = g\rho[0,67(h_a \Phi_A b_a) - 0,12\sqrt{h_z b_s \Phi_A}] \text{ [kPa]} \quad (16.3.2-5)$$

gdzie:

a_v – obliczać według 17.4.1;

Φ_A – obliczać według 17.3.3;

θ_A – obliczać według 17.3.2.

Wzory 16.3.2-4 i 16.3.2-5 należy uwzględnić przy wymiarowaniu konstrukcji ograniczających zbiorniki ładunkowe lub balastowe w przypadkach, gdy długość zbiornika przekracza $0,15L_0$ lub największa szerokość zbiornika przekracza $0,4B$.

Wzory 16.3.2-1, 16.3.2-4 i 16.3.2-5 należy stosować także przy sprawdzaniu wytrzymałości konstrukcji dna wewnętrznego, burt, pokładów (platform), grodzi wzdłużnych i poprzecznych ograniczających ładownie na ładunki suche przewidziane do przyjmowania balastu wodnego.

W przypadku zbiorników niezależnych (gazowce, siarkowce, asfaltowce itp.) projektowe wartości ciśnień podlegają odrębnemu rozpatrzeniu przez PRS.

16.3.3 Ciśnienie cieczy w zbiornikach częściowo zapełnionych

16.3.3.1 Jeżeli zbiorniki mogą być podczas podróży zapełnione częściowo, w zakresie od 20 do 90% swej wysokości, to ciśnienie obliczeniowe (dla zbiorników o parametrach $l_z \leq 0,13L_0$ i $b_z \leq 0,56B$) należy określać jako większą z wartości ciśnienia obliczonego dla zbiorników zapełnionych całkowicie według 16.3.2 oraz odpowiednio jako wartość nie mniejszą od obliczonej wg wzorów:

- dla elementów konstrukcyjnych umieszczonych w odległości mniejszej niż $0,25l_z$ od poprzecznych grodzi końcowych zbiornika:

$$p_{11} = \rho(4 - 0,005L_0)l_z \quad [\text{kPa}] \quad (16.3.3.1-1)$$

- dla elementów konstrukcyjnych umieszczonych w odległości mniejszej niż $0,25b_z$ od ścian wzdłużnych zbiornika:

$$p_{12} = \rho(3 - 0,01B)b_z \quad [\text{kPa}] \quad (16.3.3.1-2)$$

Dla zbiorników o parametrach $l_z > 0,13L_0$ lub $b_z > 0,56B$ wartości ciśnień p_{11} lub p_{12} podlegają odrębnemu rozpatrzeniu przez PRS. W odniesieniu do statków o długości $50 \text{ m} \leq L_0 < 100 \text{ m}$ odrębne rozpatrzenie przez PRS przewidziane jest w przypadku ciśnienia p_{11} , gdy $l_z > 0,2L_0$.

16.3.3.2 Wartość ciśnienia obliczeniowego przyjęta dla środków wiązarów w zbiornikach ładunkowych i balastowych powinna być nie mniejsza niż 20 kPa.

16.3.3.3 Ciśnienie obliczeniowe poprzecznych i wzdłużnych grodzi przelewowych nie może być mniejsze niż ciśnienie obliczone wg wzorów 16.3.3.1-1 i 16.3.3.1-2.

16.3.3.4 Na statkach o długości $L_0 \geq 50 \text{ m}$ sprawdzeniu na działanie ciśnienia p_{11} , a na statkach o długości $L_0 \geq 100 \text{ m}$ również na działanie ciśnienia p_{12} , podlegają w podanym rejonie konstrukcje burt, pokładów, grodzi wzdłużnych i poprzecznych stanowiących ograniczenia zbiorników, jeżeli wymaganie takiego sprawdzenia w rozpatrywanym przypadku ma zastosowanie.

16.4 Oddziaływanie ładunków

16.4.1 Oddziaływanie ładunków drobnicowych

16.4.1.1 Ciśnienie działające na pokłady ładunkowe i dno statku w ładowniach, a pochodzące od oddziaływania ładunków drobnicowych lub wyposażenia, należy obliczać wg wzoru:

$$p_{13} = (g + 0,5a_v)q \quad [\text{kPa}] \quad (16.4.1.1)$$

a_v – obliczać według 17.4.1;

q = ρh – masa ładunku lub wyposażenia [t], przypadająca na 1 m² powierzchni obciążonej;

ρ – gęstość ładunku obciążającego powierzchnię rozpatrywanej konstrukcji [t/m³].

Jeżeli nie ma innych wskazań, to dla ładunku drobnicowego należy przyjmować $\rho = 0,7 \text{ t/m}^3$. Przyjęta wartość ρ może być obniżona po odrębnym rozpatrzeniu przez PRS, jeżeli przy zastosowaniu wartości $\rho = 0,7 \text{ t/m}^3$ dla wszystkich powierzchni ładunkowych przeznaczonych do przewozu ładunków drobnicowych występuje przekroczenie nośności statku. Jeżeli jednak masa własna pokładu przekracza 10% przyjętej dla tego pokładu masy ładunku, to przy określaniu wartości q dla tego pokładu należy uwzględnić masę własną pokładu i masę przewożonego na nim ładunku.

h – wysokość warstwy ładunku obciążającego powierzchnię rozpatrywanej konstrukcji [m].

Dla konstrukcji dna w ładowni oraz konstrukcji pokładów osłoniętych przeznaczonych do przewozu ładunków drobnicowych wysokość h należy mierzyć pionowo od powierzchni obciążonej konstrukcji do pokładu powyżej, a w obrębie łuku ładunkowego – do górnej krawędzi zrębnicy łuku.

Dla pokładów osłoniętych nieładunkowych można przyjmować następujące wartości q :

$q = 1,6 \text{ t/m}^2$ dla platform w przedziale maszynowym (mniejsze wartości mogą być zastosowane, jeżeli wynikają one z ciężaru elementów wyposażenia okrętu, przewidzianych do ustawienia na platformie);

$q = 0,35 \text{ t/m}^2$ dla pokładów w pomieszczeniach.

Jeżeli przeprowadzana jest analiza wytrzymałości strefowej pokładów w pomieszczeniach z uwzględnieniem ich masy własnej, to wartość q może być obniżona, lecz nie może być mniejsza niż $q_{\min} = 0,25 \text{ t/m}^2$.

16.4.1.2 Jeżeli pokład otwarty przeznaczony jest do przewozu ładunku pokładowego, to należy przyjąć wartość ciśnienia obliczeniowego dla tego pokładu $p = p_2$ lub $p = p_{13}$, zależnie od tego, która z nich jest większa (określenie ciśnień p_2 i p_{13} – patrz 16.2.2.2 i 16.4.1.1).

Jeżeli wysokość ładowania na pokładzie otwartym jest mniejsza niż 2,3 m, to może być wymagane sumowanie obciążeń wywołanych ładunkiem i częściowym oddziaływaniem morza.

Dla otwartych pokładów ładunkowych minimalna wartość q [t/m^2] wynosi:

$q = 1,0$ przy $L_0 \leq 100 \text{ m}$ – ogólnie,

$q = 1,3$ przy $L_0 \geq 150 \text{ m}$ – dla pokładu nadbudówki,

$q = 1,75$ przy $L_0 \geq 150 \text{ m}$ – dla pokładu wolnej burty.

Dla $100 \text{ m} < L_0 < 150 \text{ m}$ wartość q_{\min} należy określać przez interpolację liniową.

16.4.1.3 Na statkach z ograniczonym rejonem żeglugi wartości ciśnienia $p = p_{13}$, określone wg wzoru 16.4.1.1 dla ładunkowych pokładów osłoniętych, platform w przedziale maszynowym pokładów w pomieszczeniach oraz pokładu otwartego przeznaczonego do przewozu ładunku pokładowego, mogą być obniżone zgodnie ze wskazaniem podanymi w 16.1.3.4.

16.4.1.4 Jeżeli potrzebna jest znajomość poprzecznych sił działających na pokład, a pochodzących od ładunku pokładowego (na przykład w celu zwymiarowania poprzecznych podparć pokryw lukowych), to można je określać w identyczny sposób jak dla oddziaływania jednostkowych ładunków ciężkich, tzn. według 16.4.4.

16.4.2 Oddziaływanie ładunków masowych

16.4.2.1 Wartość ciśnienia działającego na nachylone i pionowe ściany burt i grodzi wywołane ładunkami masowymi należy obliczać wg wzoru:

$$p_{14} = \rho h_a (g + 0,5a_v) K \quad [\text{kPa}] \quad (16.4.2.1)$$

a_v – według 17.4.1;

$K = \sin^2 \alpha \operatorname{tg}^2(45 - 0,5\gamma) + \cos^2 \alpha$;

α – kąt pomiędzy rozpatrywanym poszyciem a płaszczyzną poziomą [stopnie];

γ – kąt usypu ładunku [stopnie].

Należy przyjmować:

$\gamma \leq 20^\circ$ dla lekkich ładunków masowych (węgiel, zboże);

$\gamma \leq 25^\circ$ dla cementu ($\rho = 1,35 \text{ t/m}^3$);

$\gamma \leq 35^\circ$ dla ciężkich ładunków masowych (rud);

ρ – gęstość ładunku, według 16.4.2.2 lub 16.4.3 [t/m^3].

Na statkach z ograniczonym rejonem żeglugi wartość ciśnienia p_{14} , określona wg wzoru 16.4.2.1, może być obniżona zgodnie ze wskazaniami podanymi w 16.1.3.4.

16.4.2.2 Obciążenia w ładowniach przystosowanych do przewozu ładunków masowych dokładnie nieokreślonych należy obliczać, przyjmując standardową wartość gęstości ładunku:

$$\rho = \frac{M_c}{V_h} \quad [\text{t/m}^3] \quad (16.4.2.2)$$

M_c – największa łączna masa ładunku na statku [t];

V_h – ogólna objętość ładowni [m^3].

Należy przyjmować $\rho > 0,7 \text{ t/m}^3$.

16.4.3 Oddziaływanie ciężkich ładunków masowych

16.4.3.1 Ciśnienie obliczeniowe dla ładowni przeznaczonej do przewozu rudy lub innych ciężkich ładunków masowych należy określać, przyjmując gęstość ładunku odpowiadającą największej spodziewanej masie ładunku w rozpatrywanej ładowni, gdy statek jest całkowicie załadowany:

$$\rho = \frac{M_h}{V_h} \quad [\text{t/m}^3] \quad (16.4.3.1)$$

M_h – dopuszczalne obciążenie rozpatrywanej ładowni [t];

V_h – objętość rozpatrywanej ładowni łącznie z lukiem [m^3].

16.4.3.2 Dla statków z dodatkowym znakiem w symbolu klasy **HC/ALT** lub **HC/E** gęstość ładunku dla dowolnej ładowni powinna być zwiększona o 25% wartości ρ określonej według 16.4.2.2.

16.4.4 Oddziaływanie ciężkich ładunków jednostkowych

Składowe siły oddziałujących na konstrukcje podpierające i system mocowania ciężkich sztuk ładunku, wyposażenia i zapasów należy określać wg wzorów:

– siła pionowa działająca samodzielnie lub jednocześnie z siłą wzdłużną określoną według wzoru 16.4.4-4:

$$P_v = (g + 0,5a_v)M \quad [\text{kN}] \quad (16.4.4-1)$$

– siła pionowa rozpatrywana wraz z jednocześnie działającą siłą poprzeczną określoną według wzoru 16.4.4-3:

$$P_{vt} = gM \quad [\text{kN}] \quad (16.4.4-2)$$

– siła poprzeczna rozpatrywana wraz z jednocześnie działającą siłą pionową określoną według wzoru 16.4.4-2:

$$P_t = 0,67a_T M \quad [\text{kN}] \quad (16.4.4-3)$$

– siła wzdłużna rozpatrywana wraz z jednocześnie działającą siłą pionową określoną według wzoru 16.4.4-1:

$$P_l = 0,67a_L M \quad [\text{kN}] \quad (16.4.4-4)$$

M – masa rozpatrywanej sztuki [t];

a_v – przyspieszenie pionowe [m/s^2] określone według 17.4.1;

a_T – przyspieszenie poprzeczne [m/s^2] określone według 17.4.2;

a_L – przyspieszenie wzdłużne [m/s^2] określone według 17.4.3.

17 RUCHY STATKU

17.1 Zasady ogólne

17.1.1 W niniejszym rozdziale podano wzory służące do określania ruchów (przemieszczeń, prędkości i przyspieszeń) statków w warunkach morskich podczas normalnej eksploatacji.

PRS może zaakceptować, po specjalnym rozpatrzeniu, wartości ruchów statku obliczone bezpośrednio, stosując metody opisane w Publikacji 35/I – Wave Loads on Ships

17.1.2 Określane ruchy są wielkościami, których prawdopodobieństwo przekroczenia wynosi 10^{-8} .

17.1.3 Dla statków z ograniczonym rejonem żeglugi wielkości ruchów mogą być zmniejszone:

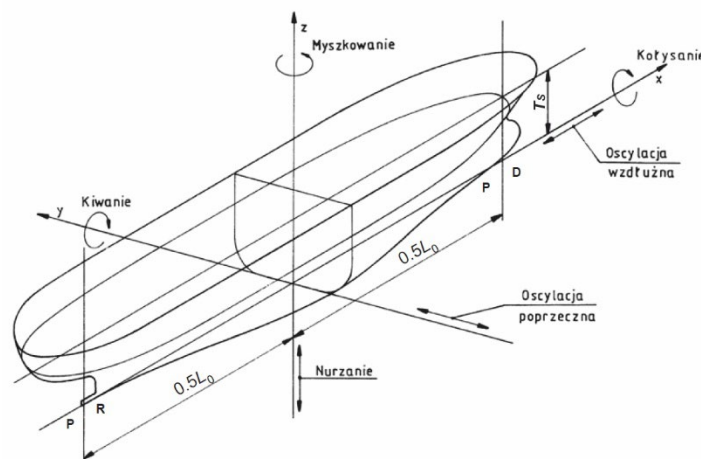
- dla rejonu II o 10%;
- dla rejonu III o 30%;
- dla rejonu żeglugi odpowiadającego znakowi klasy Class C o 40%;
- dla rejonu żeglugi odpowiadającego znakowi klasy Class D o 50%.

W uzasadnionych przypadkach PRS może określić także inny stopień zmniejszania wielkości ruchów określonych w tym rozdziale.

17.2 Definicje

17.2.1 Układ współrzędnych

Układ współrzędnych oraz nazwy poszczególnych rodzajów oscylacji statku na fali zdefiniowano na rys. 17.2.1.



Rys. 17.2.1. Definicja układu współrzędnych oraz nazwy oscylacji statku na fali

17.2.2 Współczynnik falowy

Współczynnik falowy C_w , będący podstawowym parametrem przy określaniu falowych obciążeń kadłuba oraz ruchów statku, należy obliczać wg wzoru:

$$c_w = \begin{cases} 0,0856L_0 & \text{dla } L_0 < 90 \text{ m} \\ 10,75 - \left(\frac{300 - L_0}{100}\right)^{\frac{3}{2}} & \text{dla } 90 \text{ m} \leq L_0 < 300 \text{ m} \\ 10,75 & \text{dla } 300 \text{ m} \leq L_0 \leq 350 \text{ m} \\ 10,75 - \left(\frac{L_0 - 350}{150}\right)^{\frac{3}{2}} & \text{dla } L_0 > 350 \text{ m} \end{cases} \quad (17.2.2)$$

17.3 Amplitudy przemieszczeń składowych

17.3.1 Amplituda nurzania

Amplitudę nurzania można obliczać wg wzoru:

$$Z_A = 12 - 0.1T_S \quad [\text{m}] \quad (17.3.1)$$

T_S – patrz 1.2.2.

17.3.2 Amplituda kiwania

Amplitudę kiwania można obliczać wg wzoru:

$$\theta_A = 4 \left(1 - 4.5 \frac{T_S}{L_0}\right) \frac{c_w}{L_0} \quad [\text{rad}] \quad (17.3.2)$$

17.3.3 Amplituda kołysania

Amplitudę kołysania (kąt przechyłu) można obliczać wg wzoru:

$$\phi_A = 35 \frac{T_S}{B_S^2 + 50} \quad [\text{rad}] \quad (17.3.3)$$

17.3.4 Amplituda oscylacji wzdłużnej

Amplitudę oscylacji wzdłużnej można obliczać wg wzoru:

$$X_A = 8 \frac{1 - 0.03T_S}{1 - 0.036v} \quad [\text{m}] \quad (17.3.4)$$

v – prędkość statku, [węzły].

17.3.5 Amplituda oscylacji poprzecznej

Amplitudę oscylacji poprzecznej można obliczać wg wzoru:

$$Y_A = 12 - 0.25T_S \quad [\text{m}]. \quad (17.3.5)$$

17.3.6 Amplituda myszkowania

Amplitudę myszkowania można obliczać wg wzoru:

$$\psi_A = 0.25 \left(1 - 0.008 \frac{L_0 T_S}{B_S}\right) \quad [\text{rad}]. \quad (17.3.6)$$

17.3.7 Amplituda ruchu względnego

Amplitudę przemieszczenia punktu $P(x, y, z)$ statku względem powierzchni fali można obliczać wg wzoru:

$$S_A = \sqrt{(0,3Z_A)^2 + [(x + 0,05L_0)\theta_A]^2 + [0,8y\phi_A]^2} \quad [\text{m}] \quad (17.3.7)$$

Z_A, θ_A, ϕ_A – patrz punkty 17.3.1, 17.3.2 i 17.3.3;

x, y – współrzędne punktu P – patrz rys. 17.2.1.

17.4 Wypadkowe amplitudy przyspieszeń

17.4.1 Wypadkowe przyspieszenie pionowe

Wypadkowe przyspieszenie liniowe punktu P na statku w kierunku osi pionowej (bez uwzględnienia przyspieszenia ziemskiego) należy obliczać wg wzoru:

$$a_v = (1 + 0,036v)^2 \frac{25}{L_0} \sqrt{Z_A^2 + [1,6(x + 0,05L_0)\theta_A]^2 + [0,5y\phi_A]^2} \quad (17.4.1)$$

v = prędkość statku [węzły];

Z_A, θ_A, ϕ_A – patrz punkty 17.3.1, 17.3.2 i 17.3.3;

x, y – współrzędne punktu P – patrz rys. 17.2.1.

17.4.2 Wypadkowe przyspieszenie poprzeczne

Wypadkowe przyspieszenie liniowe punktu P na statku w kierunku osi poprzecznej (z uwzględnieniem składowej przyspieszenia ziemskiego) należy obliczać wg wzoru:

$$a_T = (1 + 0,036v)^2 \frac{25}{L_0} \sqrt{(0,8Y_A)^2 + [(x + 0,05L_0)\psi_A]^2 + [(z - T_S)\phi_A]^2} \quad [\text{m/s}^2] \quad (17.4.2)$$

v = prędkość statku [węzły];

θ_A, Y_A, ψ_A – patrz punkty 17.3.2, 17.3.5 i 17.3.6;

x, z – współrzędne punktu P – patrz rys. 17.2.1.

17.4.3 Wypadkowe przyspieszenie wzdłużne

Wypadkowe przyspieszenie liniowe punktu P na statku w kierunku osi wzdłużnej (z uwzględnieniem składowej przyspieszenia ziemskiego) należy obliczać wg wzoru:

$$a_L = (1 + 0,036v)^2 \frac{25}{L_0} \sqrt{(0,2X_A)^2 + [0,5y\psi_A]^2 + [2(z - T_S)\theta_A]^2} \quad [\text{m/s}^2] \quad (17.4.3)$$

v = prędkość statku [węzły];

θ_A, X_A, ψ_A – patrz punkty 17.3.2, 17.3.4 i 17.3.6;

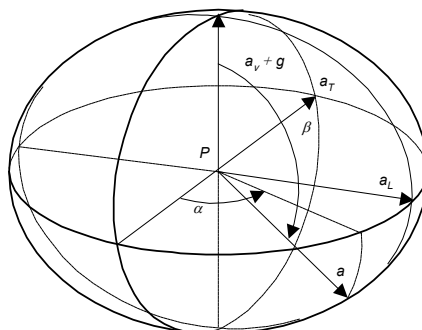
y, z – współrzędne punktu P – patrz rys. 17.2.1.

17.4.4 Wypadkowe przyspieszenie w dowolnym kierunku

Wypadkowe przyspieszenie liniowe a punktu P na statku w dowolnym kierunku może być określone z elipsoidy (rys. 17.4.4), której osiami głównymi są $(a_v + g)$, a_T i a_L ;

a_v, a_T i a_L – patrz 17.4.1, 17.4.2 i 17.4.3.

$P(x, y, z)$ – punkt, w którym obliczane są przyspieszenia.



Rys. 17.4.4. Sposób określania przyspieszenia a punktu P statku w dowolnym kierunku

18 STATKI DO PRZEWOZU KONTENERÓW

18.1 Zasady ogólne

18.1.1 Zastosowanie

Wymagania niniejszego rozdziału mają zastosowanie do statków przeznaczonych do przewozu kontenerów w ustalonych położeniach w ładowniach wyposażonych w prowadnice lub na pokładzie, mających dno podwójne i burty podwójne lub burty pojedyncze wraz z konstrukcją skrzyniową przy pokładzie górnym oraz duże otwory lukowe.

Przy zastosowaniu innego układu konstrukcyjnego należy spełnić wymagania niniejszego rozdziału w uzgodnionym z PRS zakresie.

Poniższe wymagania należy traktować jako uzupełnienie wymagań podstawowych podanych w rozdziałach 1÷13 (z wyjątkiem podrozdziału 13.3), 14, 15.13, 16, 17.

18.1.2 Klasyfikacja

Statki spełniające odpowiednie wymagania niniejszego rozdziału mogą otrzymać dodatkowy znak w symbolu klasy:

CONTAINER SHIP – statki przystosowane wyłącznie do przewozu kontenerów w ładowniach z prowadnicami;

ACC – statki przeznaczone głównie do przewozu ładunku innego rodzaju niż kontenery i przystosowane do przewozu kontenerów.

W *Świadectwie klasy* statków, które w symbolu klasy otrzymały jeden z wymienionych znaków dodatkowych, wpisywana jest największa liczba otrzymana z przeliczenia przewidzianej przez projektanta liczby kontenerów na standardowe kontenery dwudziestostopowe (TEU).

18.1.3 Wymagania ogólne

Statki przeznaczone do przewozu innego ładunku, lecz przystosowane do przewozu kontenerów, mogą mieć system konstrukcyjny wynikający z ich głównego przeznaczenia.

Przyjmuje się, że w każdym przypadku kontenery są podparte i mocowane do konstrukcji kadłuba. Rozmieszczenie kontenerów na statku, prowadnice w ładowniach kontenerowych oraz osprzęt stały do mocowania kontenerów powinny spełniać wymagania rozdziału 15 z *Części III – Wyposażenie kadłubowe*. Urządzenia do mocowania kontenerów powinny spełniać poniższe wymagania, jeżeli stanowią integralną część konstrukcji kadłuba.

18.1.4 Dokumentacja

Do rozpatrzenia i zatwierdzenia należy przedstawić dokumentację techniczną, której zakres określono w 1.4.2.

18.2 Materiały i spawanie

18.2.1 Osprzęt stały (trwale połączony z konstrukcją kadłuba) do mocowania kontenerów powinien być wykonany ze stali spełniającej wymagania rozdziału 2. Zastosowanie innych kategorii stali lub materiałów podlega odrębnemu rozpatrzeniu przez PRS.

18.2.2 Odlewy stanowiące osprzęt stały do mocowania kontenerów, mocowane do kadłuba, powinny spełniać wymagania *Części IX – Materiały i spawanie*.

18.2.3 Spawanie elementów osprzętu stałego do mocowania kontenerów do konstrukcji kadłuba powinno spełniać wymagania rozdziału 4.

18.2.4 Oznaczenia YP36, YP40 oraz YP47 odnoszą się do minimalnej określonej granicy plastyczności stali podanej w *Części IX*, wynoszącej odpowiednio 355, 390 oraz 460 N/mm². Współczynnik materiałowy k stali YP36 powinien wynosić 1,39, stali YP40 – 1,47, a stali YP47 – 1,61.

W przypadku zastosowania stali YP47 do wykonania wzdłużnych elementów konstrukcyjnych w rejonie górnym kadłuba, takich jak poszycie pokładu górnego, poszycie wzdłużnej zrębnicy luku i jej górnego poziomego fragmentu oraz wzdłużnych usztywnień poszycia zrębnicy wzdłużnej, stal ta powinna być kategorii EH47. Współczynnik materiałowy, k , dla tej stali powinien być przyjmowany jako 1,61.

18.2.5 Definicja stali odpornej na kruche pękanie została zawarta w *Cz. IX Przepisów* (wymagania odpowiadające IACS URW31). Powyższa definicja dotyczy także stali oznaczonych jako YP36 oraz YP40 jedynie w zakresie niniejszego rozdziału.

18.3 Konstrukcja

18.3.1 Należy zapewnić w maksymalnym stopniu ciągłość konstrukcji, unikając gwałtownych zmian kształtu i wymiarów elementów konstrukcji w celu zminimalizowania naprężeń.

18.3.2 Na statkach o długości $L_0 \geq 100$ m zaleca się stosowanie wzdłużnego układu usztywnień dna, pokładu wytrzymałościowego i górnych rejonów burty.

18.3.3 Wzdłużniki w dnie podwójnym powinny w zasadzie być usytuowane w linii gniazd kontenerów na dnie wewnętrznym.

Denniki pełne w dnie podwójnym i wręgi ramowe powinny znajdować się w tych samych płaszczyznach.

18.3.4 Zaleca się stosowanie usytuowanych poprzecznie w stosunku do płaszczyzny symetrii statku konstrukcji skrzyniowych nad i pod grodziami poprzecznymi w celu zwiększenia sztywności kadłuba na skręcanie.

Zaleca się także stosowanie pośrednich podparć dna podwójnego pomiędzy grodziami poprzecznymi, w formie konstrukcji skrzyniowych opisanych wyżej lub w formie przegród.

18.3.5 Konstrukcja burt w rejonach uskoków burty wewnętrznej, w miejscach, gdzie zmienia się układ kontenerów w ładowni, podlega odrębnemu rozpatrzeniu przez PRS.

18.3.6 Konstrukcja kadłuba pod narożami kontenerów powinna być odpowiednio wzmocniona.

18.3.7 Konstrukcja w rejonach naroży luków ładunkowych powinna spełniać wymagania podane w *Publikacji 24/P – Analiza wytrzymałości kadłuba kontenerowca*.

18.3.8 Należy stosować odpowiednie środki zapobiegające rozprzestrzenianiu się kruchego pękania dla wzdłużnych elementów konstrukcyjnych wykonanych ze stali o granicy plastyczności 355, 390 i 460 MPa i o grubości większej od 50 mm, a nie większej niż 100 mm. Te środki polegają na:

- zastosowaniu badań nieniszczących (NDT) w trakcie budowy statku (wg wymagań p. 18.6.5);
- zastosowaniu badań nieniszczących (NDT) w trakcie eksploatacji statku (wg wymagań p. 18.6.5);
- zastosowaniu specjalnych rozwiązań konstrukcyjnych (wg wymagań p. 18.6.3 i 18.6.5).

Równoważne środki dla elementów konstrukcji wykonanych ze stali o granicy plastyczności 355, 390 i 460 MPa i o grubości przekraczającej 100 mm podlegają odrębnemu rozpatrzeniu przez PRS.

18.4 Analiza wytrzymałości kadłuba

18.4.1 Obliczenia wytrzymałości wzdłużnej staku należy wykonać zgodnie z *Publikacją 114/P – Longitudinal Strength Standard for Container Ships*. Ponadto należy wykonać obliczenia wytrzymałości ogólnej statku z uwzględnieniem skręcania kadłuba. Należy również sprawdzić sztywność skrętną kadłuba. Metody obliczeniowe skręcania kadłuba oraz kryteria, które powinny być spełnione podano w *Publikacji 24/P – Analiza wytrzymałości kadłuba kontenerowca*. Należy również sprawdzić stateczność konstrukcji elementów konstrukcji zgodnie z wymaganiami *Publikacji 114/P – Longitudinal Strength Standard for Container Ships*.

18.4.2 Należy przeprowadzić analizę globalną dla statków o długości 290 m i większej. Analiza globalna oznacza analizę za pomocą metody elementów skończonych z wykorzystaniem pełnego modelu statku w celu oceny wytrzymałości globalnej konstrukcji kadłuba, przewiązek pokładu i promieni naroży luków. Należy uwzględnić obciążenia działające na kadłub, w tym wpływ skręcania. W celu analizy globalnej można wykorzystać następujące metody:

Metoda 1: Analiza, w której tylko globalne obciążenia kadłuba (obciążenia wywołujące siły wewnętrzne takie jak momenty zginające kadłub w płaszczyznach pionowej i poziomej oraz moment skręcający) są bezpośrednio przyłożone do modelu MES całego kadłuba.

Metoda 2: Analiza, w której do modelu MES całego kadłuba są przyłożone obciążenia wyznaczone w wyniku bezpośredniej analizy obciążeń kadłuba w warunkach falowania wody.

18.4.3 Należy przeprowadzić analizę wytrzymałości ładowni dla statków o długości 150 m i większej. Analiza wytrzymałości ładowni oznacza analizę metodą elementów skończonych w celu oceny wytrzymałości wiązarów ładowni na śródkręciu. Wiązary (wzdłużniki, wiązary poprzeczne, itp.) zapewniają integralność i wytrzymałość powłoki kadłuba i konstrukcji ścian ładowni, takich jak:

- konstrukcja dna podwójnego (poszycie dna, poszycie dna wewnętrznego, wzdłużniki, deniki);
- konstrukcja podwójnej burty (poszycie burt, burty wewnętrznej, wzdłużniki i wręgi ramowe);
- konstrukcja grodzi;
- konstrukcja pokładu i przewiązki między ładowniami.

Metoda oceny wytrzymałości powinna być wykonana zgodnie z wymaganiami podanymi w podrozdziale 14.6.

18.5 Obciążenia obliczeniowe, stany załadowania

18.5.1 Analiza globalna

Do oceny wytrzymałości konstrukcji wg kryteriów uplastycznienia i stateczności należy założyć, że statek podlega obciążeniom od falowania wody na Północnym Atlantyku. Pionowy falowy moment gnący powinien być obliczony wg *Publikacji 114/P – Longitudinal Strength Standard for Container Ships*.

Moment skręcający należy obliczyć wg wymagań podanych w *Publikacji 24/P – Analiza wytrzymałości kadłuba kontenerowca*.

Należy założyć warunki falowania powodujące najbardziej niekorzystny stan obciążenia pionowym momentem gnącym, poziomym momentem gnącym oraz momentem skręcającym (patrz *Publikacja 24/P – Analiza wytrzymałości kadłuba kontenerowca*). Składowe obciążenia, które należy uwzględnić w analizie globalnej, podano w tabeli 18.5.1. Odpowiadające im obciążenia lokalne należy przyjąć zgodnie z wymaganiami rozdziału 16.

Stany załadowania należy rozpatrywać zgodnie z *Publikacją 114/P* oraz *Instrukcją kontroli obciążenia jednostki*.

Tabela 18.5.1
Składowe obciążeń do rozpatrzenia w analizie globalnej

	Obciążenie statyczne	Obciążenie dynamiczne
Metoda 1	<ul style="list-style-type: none"> – pionowy moment zginający na wodzie spokojnej – moment skręcający na wodzie spokojnej 	<ul style="list-style-type: none"> – pionowy moment zginający od falowania morza – poziomy moment zginający od falowania morza – moment skręcający od falowania morza
Metoda 2	<ul style="list-style-type: none"> – statyczne oddziaływanie (ciśnienie) morza – obciążenia statyczne od kontenerów – obciążenia statyczne od balastu i paliwa – ciężar własny konstrukcji kadłuba 	<ul style="list-style-type: none"> – oddziaływanie morza (ciśnienie) od falowania – obciążenia dynamiczne od konstrukcji kadłuba, kontenerów, balastu i paliwa

18.5.2 Analiza wytrzymałości ładowni

W analizie wytrzymałości ładowni należy rozpatryć następujące warunki falowania:

- falę czołową powodującą maksymalne momenty: wyginający (na grzbiecie fali) i uginający (w dolinie fali);
- falę boczną powodującą maksymalne kąty kołysania. Wpływ fali bocznej można pominąć dla pewnych stanów załadowania określonych w tabeli 18.5.2-2, jeżeli PRS uzna, że nie jest to konieczne.

Obciążenia do obliczeń wytrzymałości ogólnej kadłuba należy przyjmować wg *Publikacji 114/P*. Obciążenia do obliczeń wytrzymałości lokalnej należy przyjąć wg wymagań rozdziału 16. Obciążenia od kontenerów należy przyjmować wg wymagań punktów 18.5.3 ÷ 18.5.6.

Składowe obciążeń, które należy rozpatryć w analizie ładowni, podano w tabeli 18.5.2-1.

Minimalny zestaw stanów załadowania podano w tabeli 18.5.2-2.

Ponadto należy rozpatryć stany załadowania określone w *Instrukcji kontroli obciążenia jednostki*, jeżeli PRS uzna to za konieczne.

Tabela 18.5.2-1
Składowe obciążeń uwzględnianych w analizie wytrzymałości ładowni

	Obciążenie statyczne	Obciążenie dynamiczne
Obciążenia globalne	– pionowy moment zginający na wodzie spokojnej	– pionowy moment zginający od falowania morza
Obciążenia lokalne	<ul style="list-style-type: none"> – statyczne oddziaływanie (ciśnienie) morza – obciążenia statyczne od kontenerów – obciążenia statyczne od balastu i paliwa⁽¹⁾ – ciężar własny konstrukcji kadłuba 	<ul style="list-style-type: none"> – oddziaływanie (ciśnienie) morza od falowania – obciążenia dynamiczne od masy konstrukcji kadłuba, kontenerów, balastu i paliwa
<p>⁽¹⁾ Dla minimalnego zestawu stanów załadowania określonych w tabeli 18.5.2-2, wszystkie zbiorniki balastowe i zbiorniki paliwa w pobliżu modelu ładowni powinny być puste. W przypadku rozpatrywania dodatkowych stanów załadowania, innych niż podane w tabeli 18.5.2-2, PRS może wymagać uwzględnienia obciążenia od balastu i paliwa.</p>		

Tabela 18.5.2-2
Minimalny zestaw stanów załadowania do analizy ładowni

Stan załadowania	Zanurzenie	Ciężar kontenerów	Zbiorniki balastowe i paliwowe	Moment obciążający kadłub na wodzie spokojnej
Pełne załadowanie	Zanurzenie projektowe	Kontenery ciężkie ⁽¹⁾ (kontenery 40')	Puste	Moment dopuszczalny w warunkach wygięcia kadłuba
Pełne załadowanie	Zanurzenie projektowe	Kontenery lekkie ⁽²⁾ (kontenery 40')	Puste	Moment dopuszczalny w warunkach wygięcia kadłuba
Pełne załadowanie	Zmniejszone zanurzenie ⁽³⁾	Kontenery ciężkie ⁽¹⁾ (kontenery 20')	Puste	Moment dopuszczalny w warunkach ugięcia kadłuba (lub minimalny moment w warunkach wygięcia)
Pusty przedział w ładowni i na pokładzie na długość jednego kontenera ⁽⁴⁾	Zanurzenie projektowe	Kontenery ciężkie ⁽¹⁾ (kontenery 40')	Puste	Moment dopuszczalny w warunkach wygięcia kadłuba

⁽¹⁾ Ciężar pojedynczego kontenera należy obliczać jako dopuszczalny ciężar stosu podzielony przez maksymalną liczbę planowanych warstw kontenerów.

⁽²⁾ Ciężar kontenera lekkiego odpowiada ciężarowi przewidywanego ładunku znajdującego się w rozpatrywanych ładowniach.

- Nie należy przyjmować ciężaru kontenera lekkiego w ładowni, większego niż 55% odpowiadającego mu ciężaru kontenera ciężkiego (patrz punkt ⁽¹⁾ powyżej).
- Nie należy przyjmować ciężaru kontenera lekkiego na pokładzie, większego niż 90% odpowiadającego mu ciężaru kontenera ciężkiego (patrz punkt ⁽¹⁾ powyżej) lub ciężaru odpowiadającego masie 17 ton, w zależności od tego, która z tych wartości jest mniejsza.

⁽³⁾ Zmniejszone zanurzenie oznacza przewidywane zanurzenie na śródkręciu kiedy kontenery ciężkie znajdują się w rozpatrywanych ładowniach, podczas gdy w innych ładowniach znajduje się lżejszy ładunek. Zmniejszone zanurzenie nie powinno być mniejsze niż 90 % wartości zanurzenia projektowego.

⁽⁴⁾ W przypadku ładowni złożonej z dwóch lub więcej przedziałów (po długości) dla kontenerów należy rozpatrywać osobno stany załadowania z pustym przedziałem w ładowni i na pokładzie, na długości jednego kontenera, a pozostałe przedziały należy przyjmować wypełnione kontenerami.

18.5.3 Ocena wytrzymałości zmęczeniowej wzdłużnych elementów konstrukcyjnych powinna być wykonana wg wymagań *Publikacji 45/P – Analiza wytrzymałości zmęczeniowej stalowego kadłuba statku*.

18.5.4 Szczególnie uważnie należy rozwiązywać szczegóły konstrukcyjne w miejscach, gdzie w elementach konstrukcji zastosowano stal o bardzo dużej grubości, takich jak połączenia między elementami konstrukcji kadłuba a elementami innego typu (np. wyposażenia).

18.5.5 Obciążenia wynikające z mocowania i podparcia kontenerów należy obliczać dla najbardziej niekorzystnego realnego stanu załadowania uwzględniając obciążenia dynamiczne wg wymagań podanych w 16.4.4.

18.5.6 Przy określaniu obciążeń statycznych należy przyjmować te stany załadowania, przy których powstają największe reakcje podparć, a także największe siły w urządzeniach i konstrukcji kontenerów (np. w stosie kontenerów). Masy poszczególnych kontenerów należy przyjmować tak, aby otrzymać najbardziej niekorzystny realny stan obciążenia.

Jeżeli nie podano inaczej, jako największą masę kontenerów należy przyjmować:

- kontener 20-stopowy: 24,00 t,
- kontener 40-stopowy: 30,48 t.

18.5.7 Określając obciążenia dynamiczne (siły bezwładności) od kontenerów, należy rozpatrzyć możliwe kombinacje obciążeń pionowych, poprzecznych i wzdłużnych, według zasad podanych w 16.4.4.

Można przyjąć, że obciążenia poprzeczne i wzdłużne nie działają jednocześnie. Kontenery w jednym stosie lub grupie stosów należy traktować jako jedną masę i przyjąć, że na wszystkie działają jednakowe przyspieszenia.

Przyjmuje się, że na ścianę boczną każdego kontenera, która może być poddana naporowi wiatru, działa siła o wartości:

$P_W = 17,5$ kN dla kontenerów 20-stopowych,

$P_W = 35,0$ kN dla kontenerów 40-stopowych.

Obciążenia dynamiczne w płaszczyźnie poziomej oraz siłę oddziaływania wiatru P_W należy rozpatrywać łącznie.

18.5.8 Reakcje podpór (siły działające na konstrukcję kadłuba) należy określać uwzględniając cały system mocowania kontenerów i biorąc pod uwagę, tam gdzie jest to istotne, podatność elementów mocujących i ścian kontenera oraz możliwe luzy w poszczególnych połączeniach. Sposób wykonywania obliczeń podany jest w rozdziale 15 z *Części III – Wyposażenie kadłubowe* oraz w *Publikacji 32/P – Wymagania dotyczące rozmieszczenia i mocowania ładunków na statkach morskich*.

18.6 Rozwiązania powstrzymujące kruche pęknięcie

18.6.1 Wymagania ogólne

18.6.1.1 Rozwiązania konstrukcyjne, których dotyczy podrozdział 18.6, polegają na zastosowaniu środków zapobiegawczych o numerach 3, 4 i 5, określonych w tabeli 18.6.5 i poniżej tej tabeli. Wymagania tych środków zapobiegawczych, polegających na zastosowaniu stali odpornej na kruche pęknięcie, mają zastosowanie gdy wytrzymałość stali stosowanej w górnym rejonie kadłuba (elementy konstrukcji takie jak poszycie pokładu górnego, poszycie wzdłużnej zrębnicy luku i jej górnego poziomego fragmentu oraz wzdłużnych usztywnień poszycia zrębnicy) jest nie większa niż wytrzymałość stali YP40. W przypadku innych stali zastosowanie metody zapobiegania inicjowaniu i propagacji pęknięć będą rozpatrywane przez PRS odrębnie.

18.6.1.2 Rozwiązania powstrzymujące kruche pęknięcie mają zastosowanie do całego rejonu ładunkowego kadłuba.

18.6.1.3 Rozwiązania wymagane w podrozdziale 18.6 dotyczą głównie spoin czołowych, łączących bloki konstrukcji kadłuba. Należy jednak zakładać, że pęknięcia mogą być inicjowane i propagować się w innych miejscach konstrukcji niż spoiny określone wyżej. Należy więc stosować odpowiednie rozwiązania dotyczące sytuacji określonych w p. 18.6.2.3.

18.6.1.4 Wymagania PRS dotyczące właściwości stali odpornych na kruche pęknięcie są zawarte w Cz. IX *Przepisów*.

18.6.2 Cel i zakres wymagań

18.6.2.1 Celem zastosowania rozwiązań powstrzymujących kruche pęknięcie jest takie ograniczenie propagacji pęknięcia, aby zapobiec pęknięciu na całej wysokości kadłuba.

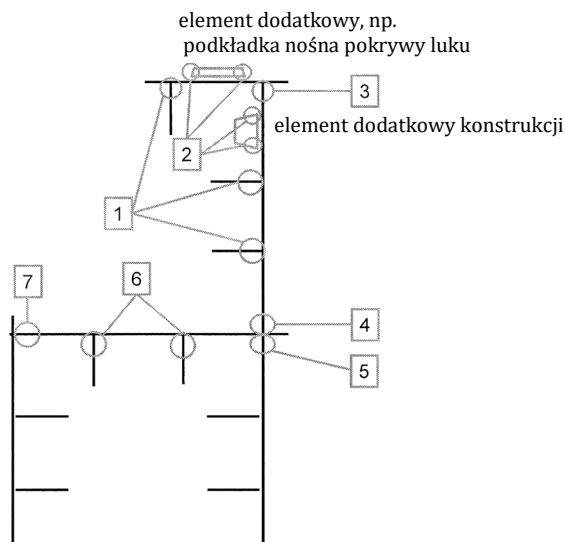
18.6.2.2 Najbardziej skłonne fragmenty konstrukcji kadłuba do inicjacji i propagacji pęknięcia to połączenie czołowe bloków kadłuba w rejonie wzdłużnych zrębnic luku ładowni i pokładu górnego. Inne rejonu tego połączenia bloków (zwłaszcza w sytuacji problemów z ich dopasowaniem) to także miejsca zwiększonego ryzyka inicjacji i propagacji pęknięć wzdłuż spoin doczołowych.

18.6.2.3 Należy uwzględnić następujące możliwe warianty inicjacji i propagacji pęknięć:

- .1 pęknięcie propaguje się wzdłuż spoiny doczołowej;
- .2 pęknięcie jest inicjowane w spoinie doczołowej, ale propaguje się w rejonie poza tą spoiną (w blachę poszycia) lub pęknięcie jest inicjowane w obrębie innej spoiny (patrz p. 18.6.2.4) i propaguje się w rejonie poza spoiną.

18.6.2.4 “Inne spoiny” obejmują (patrz rys. 18.6.2.4):

- .1 spoiny pachwinowe w miejscach gdzie poszycie zrębnicy wzdłużnej luku, włącznie z mocnikiem górnym, jest połączone z wzdłużnymi usztywnieniami;
- .2 spoiny pachwinowe w miejscach gdzie poszycie zrębnicy wzdłużnej luku, włącznie z mocnikiem górnym i wzdłużnymi usztywnieniami, jest połączone z dodatkowymi elementami konstrukcji (np. spoiny pachwinowe w miejscu gdzie na mocniku górnej wzdłużnej zrębnicy luku jest podkładka nośna pokrywy luku);
- .3 spoiny pachwinowe w miejscach gdzie poszycie mocnika górnego zrębnicy wzdłużnej luku jest połączone z poszyciem zrębnicy wzdłużnej luku;
- .4 spoiny pachwinowe w miejscach gdzie poszycie zrębnicy wzdłużnej luku łączy się z poszyciem pokładu górnego;
- .5 spoiny pachwinowe w miejscach gdzie poszycie pokładu górnego łączy się z burtami wewnętrznymi lub grodziami wzdłużnymi;
- .6 spoiny pachwinowe w miejscach gdzie wzdłużne usztywnienia łączą się z poszyciem pokładu górnego;
- .7 spoiny pachwinowe w miejscach gdzie mocnica burtowa łączy się z poszyciem pokładu górnego.



Rys. 18.6.2.4. Rejon innej spoin

18.6.3 Warianty rozwiązań

Metody przedstawione niżej w punktach .1 do .3 to przykłady właściwych rozwiązań powstrzymujących kruche pęknięcie. Szczegółowe rozwiązania należy przedstawić do zatwierdzenia przez PRS. Inne rozwiązania także mogą być rozpatrzone i zaakceptowane przez PRS.

- .1 Dla przypadków opisanych w 18.6.2.3.1:
 - a) Tam gdzie spoiny czołowe będące stykami bloków wzdłużnej zrębnicy luku oraz te na pokładzie górnym są przesunięte względem siebie, to przesunięcie nie powinno być

mniejsze niż 300 mm. Poszycie wzdłużnej zrębnicy luku powinno być wykonane ze stali odpornej na kruche pękanie.

- b) Tam gdzie zastosowane są otwory powstrzymujące kruche pękanie w obrębie styków bloków, w rejonie gdzie czołowa spoina wzdłużnej zrębnicy zbliża się do spoiny pokładu, należy ocenić wytrzymałość zmęczeniową dolnego końca spoiny czołowej. Należy zastosować dodatkowe środki zapobiegawcze uwzględniające możliwość, że powstające kruche pęknięcie może odbiec od linii spoiny i wnikać w górny pokład lub wzdłużną zrębnicę luku. Te środki powinny obejmować zastosowanie stali odpornej na kruche pękanie we wzdłużnej zrębnicy luku.
- c) Tam gdzie w obrębie styków bloków, w rejonie gdzie spoina wzdłużnej zrębnicy zbliża się do spoiny pokładu, stosowane są zapobiegające pękaniu wkładki ze stali odpornej na kruche pękanie lub odcinki spoin z wysoką odpornością na kruche pękanie należy zastosować dodatkowe środki, aby zapobiec sytuacji, że powstające kruche pęknięcie odbiega od linii spoiny i wnika w górny pokład lub wzdłużną zrębnicę luku. Te środki powinny obejmować zastosowanie stali odpornej na kruche pękanie we wzdłużnej zrębnicy luku.

.2 Dla przypadków opisanych w 18.6.2.3.2:

Należy stosować stal odporną na kruche pękanie w konstrukcji pokładu górnego, wzdłuż całego rejonu ładowni, w sposób odpowiedni do powstrzymania kruchego pęknięcia zaczynającego się od zrębnicy i postępującego w głąb konstrukcji poniżej.

.3 Zastosowanie poszerzonych badań nieniszczących, szczególnie metody TOFD, w których stosowane są surowsze kryteria oceny defektów, zamiast standardowej metody badań ultradźwiękami (patrz *Publikacja 80/P – Badania nieniszczące*) może być alternatywą dla rozwiązań a), b) i c) powyższego punktu .1.

18.6.4 Dobór stali odpornej na kruche pękanie

18.6.4.1 Stal odporna na kruche pękanie, stosowana w rejonie pokładu górnego (patrz elementy konstrukcji wymienione w p. 18.6.1.1), powinna być dobrana wg wymagań określonych w tabeli 18.6.4. Symbole BCA1 i BCA2 występujące w tabeli 18.6.4 są szczegółowo wyjaśnione w *Cz. IX Przepisów*.

18.6.4.2 Wymagane parametry blach o grubości większej niż 50 mm, ze stali odpornej na kruche pękanie, określono w tabeli 18.6.4.

Tabela 18.6.4
Dobór stali odpornej na kruche pękanie, w zależności od rodzaju elementu konstrukcji i grubości

Poszycie elementu (*)	Grubość t [mm]	Wymagana stal
Pokład górny	$50 < t \leq 100$	YP36 lub YP40, typu BCA1
Poszycie zrębnicy wzdłużnej	$50 < t \leq 80$	YP40 lub YP47, typu BCA1
	$80 < t \leq 100$	YP40 lub YP47, typu BCA2

(*) – nie dotyczy wzdłużnych usztywnień poszycia

18.6.4.3 W przypadku zastosowania stali odpornej na kruche pękanie, dobranej wg tabeli 18.6.4, połączenie spawane blachy zrębnicy wzdłużnej z poszyciem pokładu powinno być wykonane spoiną z głębokim wtopem – wg szczegółowego uzgodnienia z PRS.

W rejonie połączenia bloków kadłuba mogą być zastosowane alternatywne sposoby połączenia w stosunku do określonego wyżej, ale zastosowane rozwiązania konstrukcyjne powinny zapobiegać propagacji pęknięć i powinny być uzgodnione z PRS.

18.6.5 Parametry kontrolne dla zastosowania środków powstrzymywania

Grubość i granica plastyczności, podane w tabeli 18.6.5, odnoszą się do poszycia mocnika górnego i wzdłużnej zębownicy luku i są parametrami kontrolnymi dla zastosowania środków powstrzymywania kruchego pęknięcia. Te parametry kontrolne nie mają zastosowania do konstrukcji pokładu górnego.

Jeżeli rzeczywista grubość poszycia mocnika górnego i wzdłużnej zębownicy luku jest mniejsza niż wartości w tabeli, środki zapobiegawcze nie muszą być stosowane, bez względu na grubość i granicę plastyczności poszycia górnego pokładu.

Tabela 18.6.5

Granica plastyczności (MPa)	Grubość (mm)	Opcja	Środek zapobiegawczy			
			1	2	3 + 4	5
355 (YP36)	$50 < t \leq 85$	-	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
	$85 < t \leq 100$	-	X	N.A.	N.A.	N.A.
390 (YP40)	$50 < t \leq 85$	-	X	N.A.	N.A.	N.A.
	$85 < t \leq 100$	A	X	N.A.	X	X
B		X*	N.A.**	N.A.	X	
460 (YP47) Spawanie drutem proszkowym	$50 < t \leq 100$	A	X	N.A.	N.A.	X
		B	X*	N.A.**	N.A.	X
460 (YP47) Spawanie elektrozowe	$50 < t \leq 100$	-	X	N.A.	X	X

Opis środków:

- 1 Badania nieniszczące inne niż ogląd na wszystkich docelowych stykach bloków podczas budowy; patrz *Publikacja 80/P – Badania nieniszczące*.
- 2 Badanie okresowe inne niż ogląd na wszystkich docelowych stykach bloków (po dostawie); patrz *Publikacja 80/P – Badania nieniszczące*.
- 3 Podczas budowy należy stosować rozwiązanie powstrzymujące kruche pęknięcie i przeciwdziałające rozprzestrzenianiu się pęknięcia po linii prostej wzdłuż linii spoiny; patrz 18.6.3.1 a), b) oraz c).
- 4 Rozwiązanie powstrzymujące kruche pęknięcie i przeciwdziałające odbieganiu pęknięcia od innych rejonów spoin takich jak spoiny pachwinowe oraz spoiny montażowe podczas budowy; patrz 18.6.3.2.
- 5 Rozwiązanie powstrzymujące kruche pęknięcie i przeciwdziałające rozchodzeniu się pęknięć z rejonów innych spoin takich jak spoiny pachwinowe oraz spoiny dodatkowych elementów konstrukcji określonych w 18.6.2.3. Patrz także 18.6.3.2.

Symbole:

X – należy stosować;

N.A. – nie musi być stosowany;

A, B – do wyboru pomiędzy opcją “A” lub “B”;

* – patrz 18.6.2.3

** – może być wymagany wg uznania PRS.

19 STATKI PASAŻERSKIE, PROMY I STATKI RO-RO

19.1 Zasady ogólne

19.1.1 Zastosowanie

19.1.1.1 Wymagania niniejszego rozdziału mają zastosowanie do statków pasażerskich oraz statków poziomego ładowania z pokładami przystosowanymi do przewozu ładunków tocznych. Poniższe wymagania należy traktować jako uzupełnienie wymagań podstawowych, podanych w rozdziałach 1–17.

Na statkach podlegających konwencji SOLAS, należy spełnić mające zastosowanie wymagania dotyczące wyposażenia w konstrukcjach kadłuba statków pasażerskich, podane w rozdziale 13 z Części III Przepisów (SOLAS II-1, Część B-2).

19.1.1.2 Statki pasażerskie uprawiające żeglugę krajową i otrzymujące w symbolu klasy, w uzupełnieniu znaku **PASSENGER SHIP**, jeden z następujących znaków dodatkowych: **Class A**, **Class B**, **Class C** lub **Class D**, powinny spełniać mające zastosowanie wymagania niniejszej części *Przepisów oraz Publikacji 100/P*.

19.1.2 Układ konstrukcyjny

Zasadniczym typem konstrukcyjnym statku poziomego ładowania jest statek wielopokładowy z dnem podwójnym i zbiornikami burtowymi sięgającymi do najniższego pokładu.

Jeżeli pokłady ładunkowe są podpierane przez podpory, to należy je prowadzić w jednej linii od pokładu do dna lub do grodzi podpierającej.

Na statkach z ograniczoną ilością efektywnych grodzi poprzecznych, przegrody, wręgi ramowe i pokładniki ramowe powinny zapewniać wystarczającą wytrzymałość poprzeczną kadłuba.

Zaleca się stosowanie wzdłużnego układu usztywnień dna i pokładu górnego.

19.1.3 Klasyfikacja

19.1.3.1 Statki spełniające dotyczące ich wymagania niniejszego rozdziału mogą otrzymać dodatkowy znak w symbolu klasy:

PASSENGER SHIP – statek pasażerski,

RO-RO SHIP – statek ro-ro,

FERRY – prom,

SD – statek mający pokłady dostosowane do przewozu ładunku tocznego (na kołach).

19.1.3.2 Znak **RO-RO SHIP** lub **FERRY** oznacza, że wszystkie pokłady ładunkowe statku spełniają wymagania wystarczające do otrzymania znaku **SD**. W takim przypadku znak **SD** nie jest wpisywany do *Świadectwa klasy* statku.

19.1.3.3 Statki (promy) przewożące pojazdy na pokładach otwartych mogą uprawiać żeglugę tylko w ograniczonych rejonach żeglugi **II** i **III**.

19.1.3.4 Statki spełniające wymagania odnoszące się do więcej niż jednego typu otrzymują kombinację znaków dodatkowych zgodnie z punktem 3.4.2.3 z *Części I – Zasady klasyfikacji*.

19.1.4 Dokumentacja

Do rozpatrzenia i zatwierdzenia należy przedłożyć dokumentację wymienioną w 1.4.2.

19.1.5 Wymagania ogólne

19.1.5.1 Furty ładunkowe powinny odpowiadać wymaganiom *Części III – Wyposażenie kadłubowe*.

19.1.5.2 Konstrukcja ruchomych pokładów, platform, pomostów jezdnych itp. powinna spełniać wymagania *Części III – Wyposażenie kadłubowe*.

19.1.5.3 Na statkach przeznaczonych do przewozu pojazdów szynowych konstrukcja połączeń szyn kolejowych z wiązaniami pokładów oraz system mocowania wagonów podlegają odrębnemu rozpatrzeniu przez PRS. Pod każdą szyną kolejową należy zastosować pokładnik wzdłużny.

19.1.5.4 Na statkach pasażerskich gródz skrajnika dziobowego lub gródz zderzeniowa powinny być wodoszczelne aż do pokładu grodziowego.

Lokalizacja grodzi powinna spełniać wymagania podane w 9.2.2.2.

Na statkach pasażerskich należy także zastosować gródz skrajnika rufowego, wodoszczelną do pokładu grodziowego. Może mieć ona uskoki – pod warunkiem, że nie zmniejszy to bezpieczeństwa statku, związanego z podziałem grodziowym.

19.1.5.5 Jeżeli statek pasażerski posiada długą dziobówkę, wówczas gródz skrajnika dziobowego albo gródz zderzeniowa powinna być przedłużona jako strugoszczelna do pełnego pokładu leżącego bezpośrednio powyżej pokładu grodziowego. Przedłużenie powinno być tak usytuowane, aby wykluczona była możliwość uszkodzenia go przez furtę dziobową w przypadku jej uszkodzenia lub oderwania.

19.1.5.6 Przedłużenie grodzi, o którym mowa w 19.1.5.5, nie musi być umieszczone bezpośrednio nad grodzią położoną poniżej, pod warunkiem że żadna część przedłużenia nie rozciąga się do przodu poza granicę określoną w 19.1.5.4 (patrz także 9.2.2.4).

19.1.5.7 Dno podwójne na statkach pasażerskich powinno spełniać wymagania 6.1.2.

19.1.5.8 Statki pasażerskie typu ro-ro, których długość przekracza 130 m, należy wyposażać w lądowisko dla śmigłowca, odpowiadające wymaganiom podrozdziału 8.8.

Za długość statku należy przyjąć długość L zdefiniowaną w 1.2.2.

19.1.5.9 Dławnica pochwy wału śrubowego powinna znajdować się w wodoszczelnym tunelu wału śrubowego lub w innym wodoszczelnym pomieszczeniu, oddzielonym od wodoszczelnego przedziału pochwy wału śrubowego, o takiej pojemności, aby w przypadku zalania go wskutek rozszczelnienia dławnicy rufowej pokład grodziowy nie uległ zanurzeniu.

19.1.5.10 Jeżeli część lub całość szybu, tunelu lub kanału wentylacyjnego jest usytuowana na pokładzie dla ładunków tocznych lub pojazdów, to ich konstrukcja powinna wytrzymywać ciśnienia udarowe od wody, która w warunkach awaryjnych rozpatrywanych w *Części IV – Stateczność i niezatapialność* wypełnia część przestrzeni powyżej tego pokładu.

Jako obciążenie udarowe należy przyjmować ciśnienia określone w 16.3.3.

19.1.5.11 PRS może wymagać zastosowania na statku pasażerskim grodzi częściowych lub wodoszczelnych ścian powyżej pokładu grodziowego w celu ograniczenia ilości wody lub jej rozprzestrzenienia się w warunkach awaryjnego zalania przestrzeni powyżej pokładu grodziowego.

Powyższe konstrukcje usytuowane nad grodziami poprzecznymi lub w ich bezpośrednim sąsiedztwie powinny mieć wodoszczelne poszycie i wodoszczelne połączenia z pokładem, aby zapobiegać rozprzestrzenianiu się wody wzdłuż pokładu grodziowego, gdy statek jest przechylony lub przegłębiony w warunkach awaryjnych.

Jeżeli częściowa grodzień wodoszczelna nie znajduje się w płaszczyźnie grodzi usytuowanej poniżej, to należy zapewnić wodoszczelność fragmentu pokładu pomiędzy powyższymi grodziami.

19.2 Materiały i spawanie

19.2.1 Osprzęt stały (trwale połączony z konstrukcją kadłuba) do mocowania pojazdów i ładunku powinien być wykonany ze stali o kategorii spełniającej wymagania rozdziału 2. Zastosowanie innych kategorii stali lub materiałów podlega odrębnemu rozpatrzeniu przez PRS.

19.2.2 Odlewy stanowiące osprzęt stały do mocowania pojazdów i ładunku, zamocowane do kadłuba, powinny odpowiadać wymaganiom *Części IX – Materiały i spawanie*.

19.2.3 Spawanie elementów osprzętu stałego do mocowania pojazdów i ładunku do konstrukcji kadłuba powinno spełniać wymagania rozdziału 4.

19.2.4 Na połączeniach wiązarów i usztywnień do poszycia pokładów wzmocnionych dla ładunku tocznego nie należy stosować wycięć. Zasadniczo należy stosować ciągłą spoinę dwustronną. Spoina przerywana obustronna może być zastosowana po odrębnym rozpatrzeniu przez PRS.

19.3 Wytrzymałość strefowa

19.3.1 Metody analizy naprężeń, zastosowane obciążenia i naprężenia dopuszczalne powinny odpowiadać poniższym wymaganiom oraz podanym w podrozdziałach 14.3 lub 14.4.

19.3.2 Na podstawie analizy naprężeń należy określać wymiary następujących wiązań:

- wiązarów poprzecznych na statkach z małą liczbą grodzi poprzecznych;
- wiązarów pokładów wzmocnionych dla ładunków tocznych, jeżeli są częścią złożonego systemu wiązarów lub są nierównomiernie obciążone;
- podparć i zawieszek pokładów ruchomych, konstrukcji pokładów i dna, jeżeli uznana zostanie potrzeba przeprowadzenia takich obliczeń.

19.3.3 Analizę naprężeń dla wiązarów poprzecznych na statkach z małą liczbą grodzi poprzecznych należy przeprowadzić dla statku wyprostowanego oraz przechylonego. Wartości naprężeń powinny być nie większe od dopuszczalnych podanych w 14.5.

19.3.4 Wymiary wiązarów pokładów dla ładunków tocznych (również samochodów) należy obliczać dla najbardziej niekorzystnego obciążenia pojazdami będącymi w ruchu lub spoczynku oraz obciążenia nierównomiernego.

19.3.5 Zalecone przez PRS metody obliczeń podane są w *Publikacji 17/P – Analiza strefowej wytrzymałości konstrukcji kadłuba statku ro-ro* oraz w podrozdziałach 14.3 i 14.4.

19.4 Stałe pokłady dla ładunków tocznych

19.4.1 Założenia ogólne

19.4.1.1 Wymagania poniższe dotyczą wzmocnień konstrukcji ze względu na bezpośrednie obciążenia od kół pojazdów wykonujących operacje przeładunkowe lub transportujących ładunek i partych w czasie podróży na własnych kołach oraz ze względu na obciążenia od kół wagonów kolejowych. Obciążenia od pojazdów opartych w czasie podróży na podporach widłowych, kołach itp. podlega odrębnemu rozpatrzeniu przez PRS.

19.4.1.2 Wymagania wytrzymałościowe oparte są na założeniu, że rozważany element (płyta lub usztywnienie) jest poddany obciążeniu powierzchniowemu od pojedynczego lub od kilku odciśków kół oraz że element zachowuje ciągłość w dwóch kierunkach na kilku równomiernie rozmieszczonych podporach (usztywnieniach, wiązarach). Dla innych obciążeń lub warunków brzegowych wymagania zostaną określone po odrębnym rozpatrzeniu przez PRS.

19.4.2 Poszycie pokładu

Grubość poszycia pokładu poddanego obciążeniu od kół powinna być nie mniejsza niż grubość obliczona wg wzoru:

$$t = 58K_1 \sqrt{\frac{K_2 Q_s}{m R_e}} + t_k \quad [\text{mm}] \quad (19.4.2)$$

K_1 – współczynnik liczbowy, którego wartości należy określać następująco:

- minimalne wartości K_1 , które można stosować dla poszycia wszystkich pokładów oprócz pokładu górnego, wynoszą:

$K_1 = K_{1\min} = 1,0$ – w warunkach portowych dla obciążeń przy załadunku lub wyładunku,

$K_1 = K_{1\min} = 1,075$ – w warunkach morskich dla obciążeń od przewożonych pojazdów;

- dla poszycia pokładu górnego w środkowej części statku:

$$K_1 = \frac{1}{\sqrt{K_0}}$$

lecz nie mniej niż wartości $K_{1\min}$ podane wyżej.

Wartości współczynnika K_0 należy przyjąć według tabeli 19.4.2.

Tabela 19.4.2
Wartości K_0

Układ wiązań pokładu	Warunki eksploatacji	
	portowe	morskie
wzdłużny	$K_0 = 1 - 0,05 \frac{W}{W_r}$	$K_0 = 0,92 - 0,16 \frac{W}{W_r}$
poprzeczny	$K_0 = 1 - 0,23 \frac{W}{W_r}$	$K_0 = 0,86 - 0,36 \frac{W}{W_r}$

W – wymagana wartość wskaźnika przekroju kadłuba w środkowej części statku [cm^3], obliczona według 15.2.1;

W_r – rzeczywista wartość wskaźnika przekroju kadłuba w środkowej części statku [cm^3], obliczona według zasad podanych w 15.7.

- dla poszycia pokładu górnego w skrajnych częściach statku obowiązują minimalne wartości K_1 podane wyżej;
- pomiędzy częścią środkową statku a częściami skrajnymi wartości K_1 zmieniają się liniowo;

$$K_2 = 1,25 - 0,5 \frac{s}{l} \quad \text{dla } \frac{s}{l} > 0,5;$$

$$K_2 = 1 \quad \text{dla } \frac{s}{l} \leq 0,5;$$

l - odstęp wiązarów [m];

s - odstęp pokładników [m];

Q - obciążenie obliczeniowe ustalone według punktu 19.6.2;

R_e - granica plastyczności materiału poszycia, [MPa] (patrz 2.2);

m - współczynnik obliczany w następujący sposób:

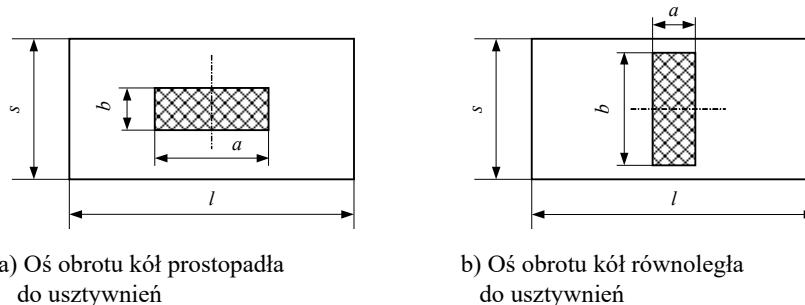
- jeżeli na szerokości płyty znajduje się tylko jeden odcisk koła lub grupy kół (patrz rys. 19.4.2-1 i punkt 19.6.1.2), to:

$$m = \frac{5,85}{1 - 0,57 \frac{b}{s}} \quad \text{dla } \frac{b}{s} < 1;$$

$$m = 29,47 - \frac{b}{s} \left[23,65 - 8,75 \frac{b}{s} + 0,97 \left(\frac{b}{s} \right)^2 \right] \quad \text{dla } 1 \leq \left(\frac{b}{s} \right) \leq 3,35;$$

$$m = 12 \quad \text{dla } \frac{b}{s} > 3,35;$$

b - długość krawędzi odcisku koła prostopadłej do usztywnień (rys. 19.4.2-1) [m];



Rys. 19.4.2-1

- jeżeli na szerokości płyty znajduje się kilka odcisków kół lub grup kół (patrz rys. 19.4.2-2), to:

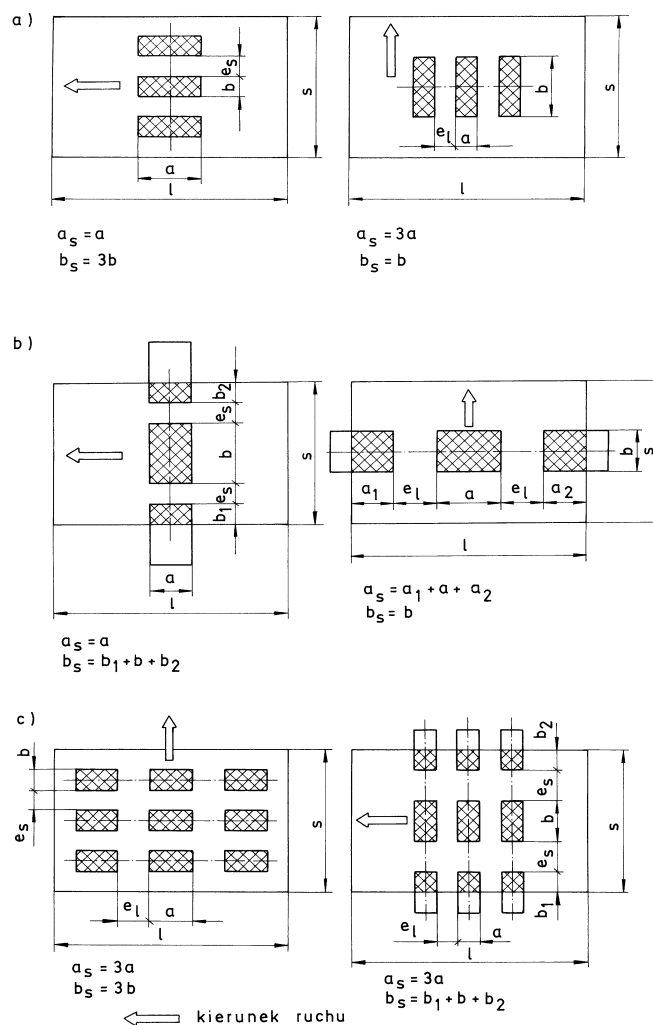
$$m = \frac{5,85}{1 - 0,57 \frac{b}{s} - \frac{K_3 e_s}{s}};$$

$$K_3 = \frac{b_s}{b} - 1 \quad \text{dla } 1 \leq \frac{b_s}{b} \leq 2;$$

$$K_3 = 0,5 \frac{b_s}{b} \quad \text{dla } \frac{b_s}{b} > 2;$$

b_s, e_s - wymiary odcisków kół, których sposób określania objaśnia rys. 19.4.2-2 [m].

Jeżeli wymiary odcisków kół ustalono według 19.6.1.4, to grubość poszycia obliczoną wg wzoru 19.4.2 należy powiększyć o 15%.



Rys. 19.4.2-2

19.4.3 Pokładniki

19.4.3.1 Wskaźnik przekroju netto (tzn. po odjęciu naddatków korozyjnych według 2.5) poprzecznych i wzdłużnych pokładników pokładów podlegających obciążeniom od kół powinien być nie mniejszy niż wskaźnik obliczony wg wzoru:

$$W = \frac{1000Ql}{mKR_e} \quad [\text{cm}^3] \quad (19.4.3.1)$$

Q – obciążenie obliczeniowe [kN] ustalone wg punktu 19.6.3;

l – rozpiętość pokładnika [m];

R_e – granica plastyczności materiału pokładnika [MPa] (patrz 2.2);

m – współczynnik obliczany w następujący sposób:

- jeżeli na długości l znajduje się tylko jeden odcisk koła lub grupy kół, to (patrz rys. 19.6.3 i punkt 19.6.1.2):

$$m = \frac{5,85}{1 - 0,57 \frac{a}{l}} \quad \text{dla} \quad \frac{a}{l} < 1;$$

$$m = 29,47 - \frac{a}{l} \left[23,65 - 8,75 \frac{a}{l} + 0,97 \left(\frac{a}{l} \right)^2 \right] \quad \text{dla} \quad 1 \leq \left(\frac{a}{l} \right) \leq 3,35;$$

$$m = 12 \quad \text{dla} \quad \frac{a}{l} > 3,35;$$

- jeżeli na długości l znajduje się kilka odcisków kół lub grup kół, to (patrz rys. 19.6.3):

$$m = \frac{5,85}{1 - 0,58 \frac{a_s}{l} - \frac{K_4 e_l}{l}};$$

$$K_4 = \frac{a_s}{a} - 1 \quad \text{dla} \quad 1 \leq \frac{a_s}{a} \leq 2;$$

$$K_4 = 0,5 \frac{a_s}{a} \quad \text{dla} \quad \frac{a_s}{a} > 2;$$

a_s – patrz rys. 19.4.2-2 [m];

e_l – odległość mierzona wzdłuż pokładnika pomiędzy odciskami sąsiednich kół lub grup kół, położonymi na długości l [m] (patrz rys. 19.6.3);

- K – współczynnik naprężeń dopuszczalnych o wartościach ustalanych w następujący sposób:
- dla pokładników wzdłużnych w środkowej części statku – wg tabeli 19.4.3.1, przy czym przyjęte wartości nie powinny przekraczać K_{\max} ;
 - dla pokładników wzdłużnych w skrajnych częściach statku: $K = K_{\max}$; pomiędzy środkową częścią statku a częściami skrajnymi wartość K zmienia się liniowo;
 - dla pokładników poprzecznych: $K = K_{\max}$.

Tabela 19.4.3.1

Wartości K dla pokładników wzdłużnych w środkowej części statku

Pokładniki wzdłużne	Warunki eksploatacji	
	morskie	portowe
dowolny pokład	$0,96 - 0,56 \frac{W}{W_r}$	$0,96 - 0,36 \frac{W}{W_r}$
K_{\max}	0,7	0,8

W – wymagana wartość wskaźnika przekroju kadłuba w środkowej części statku [cm³], obliczana według 15.2.1;

W_r – rzeczywista wartość wskaźnika przekroju kadłuba dla rozpatrywanego pokładu w środkowej części statku [cm³], obliczana według zasad podanych w 15.7.

19.4.3.2 Jeżeli wymiary odcisków kół ustalono według 19.6.1.4, to wskaźnik przekroju obliczony według wzoru 19.4.3.1 należy powiększyć o 15%.

19.4.3.3 Wartości współczynnika m , które należy stosować w sytuacjach gdy nie można uznać, że pokładniki są sztywno podparte na każdym z wiązarów, należy uzgodnić z PRS.

19.4.3.4 Wskaźnik przekroju W pokładników wzdłużnych [cm³] podpierających szyny kolejowe powinien być nie mniejszy niż wskaźnik obliczony wg wzoru 19.4.3.1 dla następujących wartości parametrów:

Q – według 19.6.4;

$$m = \frac{5,85}{1 - K_5 \frac{e_l}{l}};$$

$K_5 = 0$ gdy $n_1 = 1$;

$K_5 = 0,5 n_1$ gdy $n_1 \geq 2$;

n_1 – patrz punkt 19.6.4;

e_l – średnia odległość pomiędzy środkami sąsiednich kół znajdujących się na rozpiętości l pokładnika [m];

K – według 19.4.3.1.

19.4.4 Wiązary

Wymiary wiązarów podlegają odrębnemu rozpatrzeniu przez PRS z uwzględnieniem najbardziej niekorzystnych warunków obciążeń od pojazdów w ruchu lub w spoczynku (zamocowanych). Wymiary wiązarów będących częścią złożonego układu wiązarów powinny być określane na podstawie analizy strefowej wytrzymałości konstrukcji.

19.4.5 Połączenia usztywnień i wiązarów

Wielkość pola przekroju połączeń usztywnień z wiązarami podlega odrębnemu rozpatrzeniu przez PRS. Naprężenia styczne powinny być nie większe niż 100 MPa w wiązaniach łączonych i nie większe niż 115 MPa w spoinach.

19.5 Pokłady do przewozu samochodów

19.5.1 Wymagania ogólne

19.5.1.1 Konstrukcja i wymiary wiązań pokładów do przewozu samochodów powinny odpowiadać wymaganiom dotyczącym pokładów dla ładunków tocznych, określonym w 19.4 oraz poniższym wymaganiom.

19.5.1.2 Poszycie stałych pokładów do przewozu samochodów, niespawane do podpierających je wiązań i wykonane z materiału innego niż stal, lecz o wytrzymałości równoważnej spawanemu poszyciu stalowemu, może być zastosowane po odrębnym rozpatrzeniu przez PRS.

19.5.1.3 Inne typy i kombinacje pokładów samochodowych i materiałów mogą zostać zatwierdzone po odrębnym rozpatrzeniu przez PRS.

19.5.2 Obciążenia obliczeniowe

Obciążenia obliczeniowe należy określać według 19.6. Dla wiązarów obciążenie obliczeniowe należy traktować jako równomiernie rozłożone łączne obciążenie ładunkiem (samochodami) oraz masą konstrukcji i obliczać wg wzoru 16.4.1.1, przyjmując w nim:

$$q = q_1 + q_0 \quad [\text{t/m}^2] \quad (19.5.2)$$

q_1 – gęstość powierzchniowa masy ładunku $[\text{t/m}^2]$;

q_0 – gęstość powierzchniowa masy konstrukcji $[\text{t/m}^2]$.

Wartość $(q_1 + q_0)$ należy przyjmować jako nie mniejszą niż $0,25 \text{ t/m}^2$.

19.5.3 Poszycie i pokładniki

Wymiary poszycia i pokładników powinny odpowiadać wymaganiom podrozdziałów 19.4.2 i 19.4.3.

Jeżeli jednak pokładniki pokładów ruchomych są przegubowo podparte na pokładnikach ramowych, to ich wskaźnik przekroju należy obliczać według wzoru 19.4.3.1, przyjmując:

$$m = \frac{8}{2 - \frac{a}{l}}$$

a – wymiar odcisku koła (lub grupy kół) w kierunku równoległym do usztywnień $[\text{m}]$ (rys. 19.6.3);

l – rozpiętość pokładnika $[\text{m}]$.

19.5.4 Wiązary zwykłe

19.5.4.1 Wymagany wskaźnik przekroju wiązara należy obliczać według 13.6.2, przyjmując:

$$\sigma = 160k \text{ [MPa];}$$

$m = 12$ dla wiązarów utwierdzonych na końcach,

$m = 8$ dla wiązarów podpartych przegubowo na końcach.

19.5.4.2 Efektywny przekrój środka wiązara powinien być nie mniejszy niż przekrój obliczony wg wzoru 13.6.3.1, w którym należy przyjąć:

$$c = 1;$$

$$k_1 = 0,06.$$

19.5.4.3 Wiązary powinny mieć moment bezwładności przekroju nie mniejszy niż moment obliczony wg wzoru:

$$I = C_1 W k l \text{ [cm}^4\text{]} \quad (19.5.4.3)$$

$C_1 = 1,1$ dla stali,

$C_1 = 3,0$ dla stopów aluminium;

W – wskaźnik przekroju wiązara wg 19.5.4.1 [cm³];

l – rozpiętość wiązara [m].

19.5.4.4 Naprężenia krytyczne poszycia będącego pasem współpracującym wiązara powinny spełniać warunek:

$$\sigma_c \geq \frac{\sigma_a}{0,87} \text{ [MPa]} \quad (19.5.4.4)$$

σ_a – obliczeniowe naprężenia ściskające [MPa];

σ_c – naprężenia krytyczne obliczone według wzoru 13.3.2.2-1 lub 13.3.2.2-2, przyjmując σ_E według wzoru 13.4.3.4-1.

W miejscach, gdzie jest to konieczne, powinny być zastosowane węzłówki przeciwskrętne i lokalne usztywnienia płyt.

19.5.5 Złożone układy wiązarów

Wymiary wiązarów wchodzących w skład złożonych układów wiązarów lub obciążonych nierównomiernie powinny być określone na podstawie analizy strefowej wytrzymałości konstrukcji według wymagań rozdziału 14.

Należy przyjąć następujące naprężenia dopuszczalne:

– naprężenia normalne: $\sigma = 160k$ [MPa];

– naprężenia styczne: $\tau = 90k$ [MPa].

Powinny być również spełnione wymagania punktów 19.5.4.3 i 19.5.4.4.

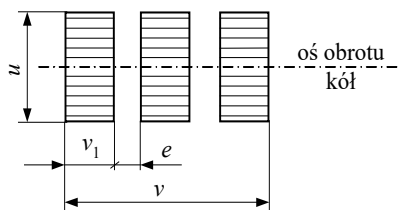
19.6 Obciążenia obliczeniowe

19.6.1 Wymagania ogólne

19.6.1.1 Obciążenia obliczeniowe należy określać na podstawie danych technicznych pojazdów. Jeżeli rozmieszczenie i wymiary odcisków kół nie są znane, to należy je określić według 19.6.1.4.

19.6.1.2 Obciążenia obliczeniowe należy określać z uwzględnieniem wartości ciśnienia działającego na powierzchni odcisku pojedynczego koła, wymiarów odcisku i odległości pomiędzy odciskami. Jeśli odległość e pomiędzy odciskami sąsiednich kół jest mniejsza niż szerokość v_1

pojedynczego odcisku, to powierzchnię obciążoną można traktować jako pojedynczy odcisk grupy kół (rys. 19.6.1.2) o wymiarach u i v .



Rys. 19.6.1.2

Powierzchnię obliczeniową F odcisku pojedynczego koła lub grupy kół należy określać wg wzoru:

$$F = uv \quad [\text{m}^2] \quad (19.6.1.2)$$

v – v_1 – dla pojedynczego koła albo gdy $e > v_1$ (rys. 19.6.1.2);

$v = nv_1 + (n - 1)e$ – dla grupy kół, gdy $e \leq v_1$;

n – liczba kół tworzących grupę kół.

19.6.1.3 Ciśnienie obliczeniowe p działające na powierzchnię odcisku koła lub grupy kół należy określać wg wzoru:

$$p = K_d p_k \quad [\text{kPa}] \quad (19.6.1.3)$$

$K_d = \alpha_1 \cdot \alpha_2$ – współczynnik uwzględniający obciążenia dynamiczne w procesach załadunku lub wyładunku;

α_1 – współczynnik równy 1,1 lub 1,05 – w przypadku pojazdów (oprócz podnośników widłowych) o obciążeniu na oś wynoszącym odpowiednio: mniej niż 50 kN oraz 50 kN lub więcej,

$\alpha_1 = 1$ – w przypadku podnośników widłowych,

α_2 – współczynnik równy 1,03 albo 1,15 – w przypadku pojazdów z oponami, odpowiednio, pneumatycznymi i litymi,

$\alpha_2 = 1,25$ – w przypadku kół z obręczami stalowymi;

$K_d = 1 + \frac{0,5a_v}{g}$ – w warunkach morskich;

a_v – przyspieszenie pionowe [m/s^2], określane według 17.4.1;

$p_k = \frac{n Q_0}{n_0 F}$ – ciśnienie statyczne działające na powierzchni odcisku koła lub grupy kół

n_0 – liczba kół na osi;

n – liczba kół tworzących grupę kół (dla pojedynczego koła $n = 1$);

Q_0 – obciążenie statyczne przypadające na oś pojazdu [kN];

F – powierzchnia odcisku koła lub grupy kół (patrz 19.6.1.2).

W przypadku nierównomiernego obciążenia poszczególnych osi pojazdu jako Q_0 należy przyjąć wartość największą.

W przypadku podnośników widłowych należy założyć, że całkowite obciążenie działa na przednią oś.

19.6.1.4 Jeżeli wymiary odcisków kół pojazdów nie są znane, to ciśnienie p_k [kPa] można przyjmując według tabeli 19.6.1.4.

Tabela 19.6.1.4

Typ pojazdu	Typ opon	
	pneumatyczne	lite
samochody osobowe	200	-
samochody ciężarowe	800	-
przyczepy i naczepy	800	1500
podnośniki widłowe	800 (dla $n = 1$) 600 (dla $n \geq 2$)	1500 1500

Powierzchnię odcisku koła lub grupy kół należy obliczać wg wzoru:

$$F = \frac{n \cdot Q_0}{n_0 p_K} \quad [\text{m}^2] \quad (19.6.1.4-1)$$

n , n_0 , Q_0 – jak w 19.6.1.3.

Wymiar u odcisku, prostopadły do osi obrotu kół, należy obliczać wg wzorów (patrz rys. 19.6.1.2):

– dla kół z oponami litymi:

$$u = 0,01 \frac{Q_0}{n_0} \quad [\text{m}], \quad \text{gdy } \frac{Q_0}{n_0} \leq 15 \text{ kN}, \quad (19.6.1.4-2)$$

$$u = 0,15 + 0,001 \left(\frac{Q_0}{n_0} - 15 \right) \quad [\text{m}], \quad \text{gdy } \frac{Q_0}{n_0} > 15 \text{ kN},$$

– dla kół z oponami pneumatycznymi:

$$u = 0,15 + 0,0025 \frac{Q_0}{n_0} \quad [\text{m}], \quad \text{gdy } \frac{Q_0}{n_0} \leq 100 \text{ kN}, \quad (19.6.1.4-3)$$

$$u = 0,4 + 0,002 \left(\frac{Q_0}{n_0} - 100 \right) \quad [\text{m}], \quad \text{gdy } \frac{Q_0}{n_0} > 100 \text{ kN}.$$

Wymiar v odcisku koła lub grupy kół, równoległy do osi obrotu, należy obliczać wg wzoru:

$$v = \frac{F}{u} \quad [\text{m}] \quad (19.6.1.4-4)$$

19.6.1.5 Ustalając obciążenia obliczeniowe należy rozpatrzyć obciążenia portowe (załadunek lub wyładunek) i obciążenia morskie od ciężaru przewożonych pojazdów.

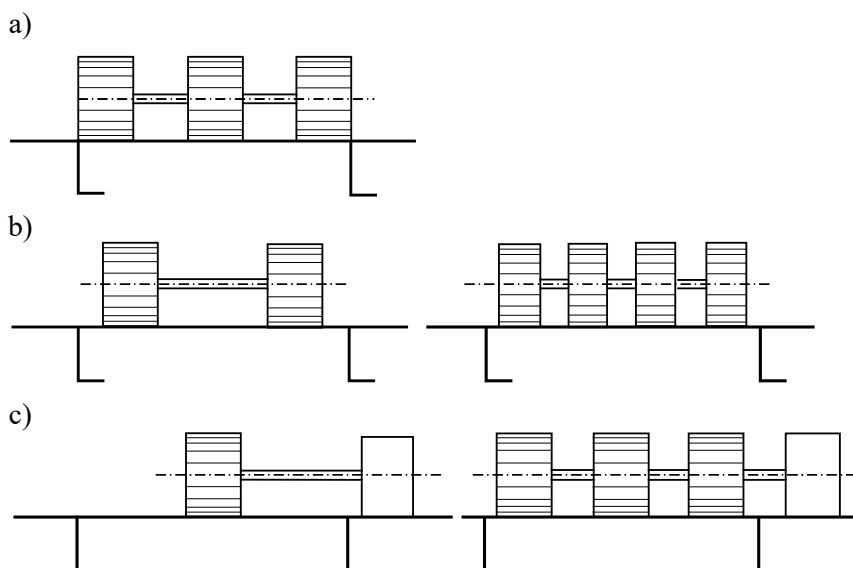
Obciążenia obliczeniowe należy określić dla dwóch wzajemnie prostopadłych położań osi obrotu kół względem boków płyty poszycia lub usztywnień:

- oś obrotu kół równoległa do krótszego boku płyty (prostopadła do kierunku usztywnień),
- oś obrotu kół równoległa do dłuższego boku płyty (równoległa do kierunku usztywnień).

Położenie odcisków kół na szerokości płyty lub na długości usztywnienia, jeżeli nie zostało ściśle ustalone w projekcie statku, powinno spełniać następujące warunki:

- przy nieparzystej liczbie odcisków kół środek odcisku środkowego powinien pokrywać się ze środkiem krótszego boku płyty lub środkiem usztywnienia (rys. 19.6.1.5-a);
- przy parzystej liczbie odcisków należy rozpatrzyć następujące dwa przypadki:
 - odciski powinny być usytuowane w ten sposób, aby krótszy bok płyty albo usztywnienie były obciążone na jak największej długości (rys. 19.6.1.5-b);
 - ilość odcisków należy zmniejszyć o jeden, a środkowy z pozostawionych odcisków powinien być położony w środku krótszego boku płyty albo w środku usztywnienia (rys. 19.6.1.5-c).

We wszystkich przypadkach odciski kół powinny być usytuowane w taki sposób, aby dłuższy bok płyty albo odcinek poszycia podpierany przez usztywnienie były obciążone na jak największej długości.



Rys. 19.6.1.5

19.6.2 Obciążenie obliczeniowe dla poszycia

Obciążenie obliczeniowe Q dla poszycia należy obliczać wg wzoru:

$$Q = pCs_1 \quad [\text{kN}] \quad (19.6.2)$$

p – według 19.6.1.3 [kPa];

$C = 1,35C_1 - 0,6C_1^2 + 0,09C_1^3$, ale nie więcej niż 1;

$C_1 = \frac{a}{s}$ – gdy wzdłuż dłuższego boku płyty działa jeden odcisk koła;

$C_1 = [C_2 - (C_2 - 1)C_3] \frac{a}{s}$ – gdy wzdłuż dłuższego boku płyty działa kilka odcisków kół;

$C_2 = \frac{a_s}{a}$, a_s – patrz rys. 19.4.2-2;

$C_3 = \frac{e_l}{a} \frac{1}{C_4}$, gdy $\frac{e_l}{a} < C_4$;

$C_3 = 1$, gdy $\frac{e_l}{a} \geq C_4$;

$C_4 = \frac{1-C}{C}$.

Uwaga: C stosowane do obliczenia C_4 należy obliczyć dla $C_1 = \frac{a}{s}$.

a – wymiar powierzchni obciążonej równoległy do usztywnień [m] (rys. 19.4.2-2);

s – odstęp usztywnień [m] (rys. 19.4.2-2);

e_l – odległość pomiędzy odciskami kół lub grup kół, odmierzana wzdłuż dłuższego boku płyty [m] (rys. 19.4.2-2);

s_1 – parametr, który należy ustalić w następujący sposób:

– gdy na płytę działa odcisk pojedynczego koła lub odcisk zastępujący grupę kół (rys. 19.4.2-1):

$s_1 = b$, gdy $b < s$,

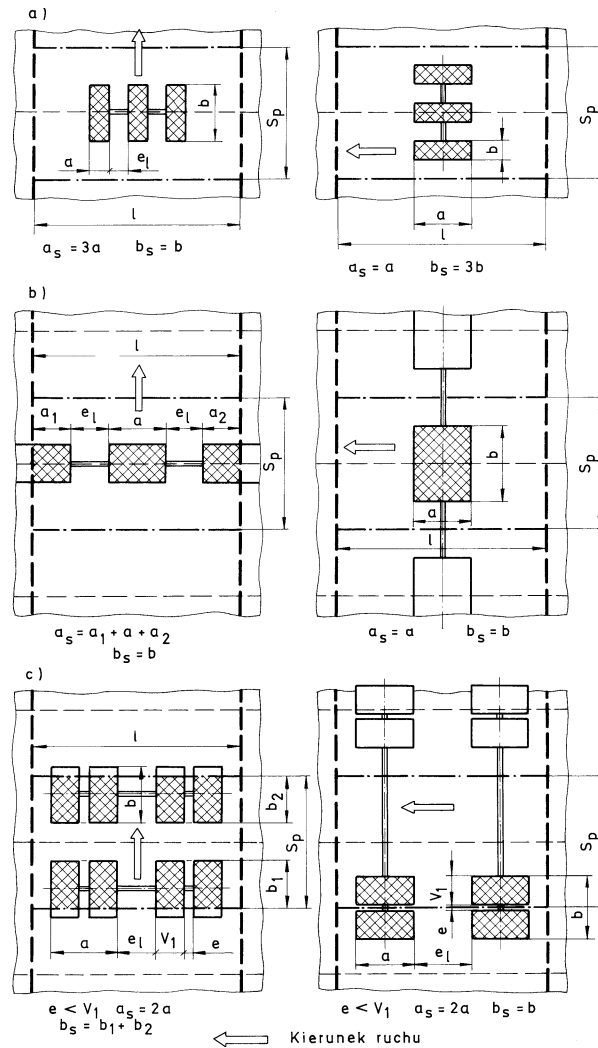
$s_1 = s$, gdy $b \geq s$;

– gdy na płytę działa kilka odcisków kół (rys. 19.4.2-2):

$s_1 = b$, gdy $b_s < s$,

$s_1 = s$, gdy $b_s \geq s$.

19.6.3 Obciążenie obliczeniowe dla usztywnień



Rys. 19.6.3

Obciążenie obliczeniowe Q dla usztywnień należy obliczać wg wzoru:

$$Q = K_p p s_1 l_1 \quad [\text{kN}] \quad (19.6.3)$$

$$K_p = 1, \quad \text{gdy} \quad \frac{b}{s_p} < 1 \quad \text{albo} \quad \frac{b}{s_p} \geq 3;$$

$$K_p = 1,3 - 0,3 \left(\frac{b}{s_p} - 2 \right)^2, \quad \text{gdy} \quad 1 \leq \frac{b}{s_p} \leq 3$$

s_p – szerokość pasa poszycia podpieranego przez usztywnienie [m];

p – według 19.6.1.3, [kPa];

s_1 i l_1 – parametry [m], które należy ustalić w następujący sposób:

– gdy na obszarze poszycia podpieranym przez usztywnienie działa odcisk pojedynczego koła lub odcisk zastępujący grupę kół, to (rys. 19.6.3):

$$s_1 = b, \quad \text{gdy} \quad b < s_p,$$

$$s_1 = s_p, \quad \text{gdy} \quad b \geq s_p,$$

$$l_1 = a, \quad \text{gdy} \quad a < l,$$

- $l_1 = l$, gdy $a \geq l$.
- gdy na obszarze poszycia podpieranym przez usztywnienie działa kilka odcisków kół, to (rys. 19.6.3):
- $s_1 = b_s$, gdy $b_s < s_p$,
- $s_1 = s_p$, gdy $b_s \geq s_p$;
- $l_1 = a_s$, gdy $a_s < l$,
- $l_1 = l$, gdy $a_s \geq l$.

19.6.4 Obciążenie obliczeniowe dla szyn kolejowych

Obciążenie obliczeniowe Q dla szyn kolejowych należy obliczać wg wzoru:

$$Q = 0,5CQ_0n_1 \text{ [kN]} \quad (19.6.4)$$

$C = 1,1$ w warunkach portowych (załadunek lub wyładunek);

$C = 1 + \frac{0,5a_v}{g}$ w warunkach morskich;

a_v = przyspieszenie pionowe w rozpatrywanym przekroju kadłuba, obliczane według 17.4.1;

Q_0 – obciążenie statyczne przypadające na oś pojazdu szynowego [kN];

n_1 – liczba kół pojazdu szynowego, obciążających usztywnienie podtrzymujące szyny kolejowe na rozpiętości l .

20 MASOWCE

20.1 Zasady ogólne

20.1.1 Zastosowanie

20.1.1.1 Wymagania niniejszego rozdziału mają zastosowanie do masowców określonych w SOLAS jako statki przeznaczone przede wszystkim do przewozu stałych ładunków masowych¹, o konstrukcji z pojedynczym pokładem, zbiornikami szczytowymi i obłowymi w przestrzeni ładunkowej, obejmujące takie typy jak rudowce i statki kombinowane².

Poniższe wymagania należy traktować jako uzupełnienie wymagań podstawowych, podanych w rozdziałach 1 do 17. Statki przeznaczone do alternatywnego przewozu płynnych i stałych ładunków masowych powinny ponadto spełnić odpowiednie wymagania rozdziału 21.

20.1.1.2 Przewóz następujących ładunków masowych: wiórów drzewnych, cementu, popiołu lotnego i cukru nie powoduje zaliczenia statku do typu masowca, o ile załadunek/wyładunek tych ładunków nie jest wykonywany za pomocą chwytaków o ciężarze większym niż 10 ton, łopat mechanicznych lub innych urządzeń, które często uszkadzają konstrukcję.

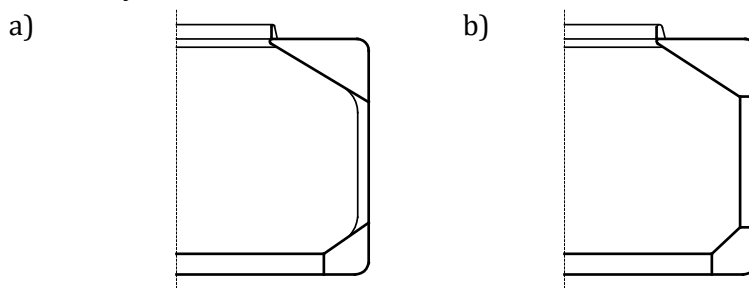
20.1.1.3 Sporadyczny przewóz suchych ładunków masowych luzem jest możliwy przez statki niebędące masowcami, o ile są spełnione warunki określone w rozdziale 27.

20.1.1.4 W przypadku masowców³ o długości $L_0 \geq 90$ m, zamiast wymagań podanych w podrozdziałach 20.1.4 do 20.1.7 oraz 20.2 do 20.12 należy stosować wymagania CSR.

20.1.2 Układ konstrukcyjny

20.1.2.1 Zasadniczym typem konstrukcyjnym masowca jest statek z własnym napędem, jednopakładowy, z dnem podwójnym, ze zbiornikami szczytowymi i obłowymi, z burtą pojedynczą (rys. 20.1.2.1 a) lub z burtą podwójną w obrębie ładowni (rys. 20.1.2.1 b), który przede wszystkim przeznaczony jest do przewozu suchych ładunków masowych.

20.1.2.2 Zasadniczym typem konstrukcyjnym rudowca jest statek z własnym napędem, jednopakładowy, z dwiema grodziami wzdłużnymi i z dnem podwójnym w rejonie ładunkowym, przeznaczony głównie do transportu rudy w ładowniach środkowych. Typowe złady poprzeczne rudowców pokazano na rys. 20.1.2.2.

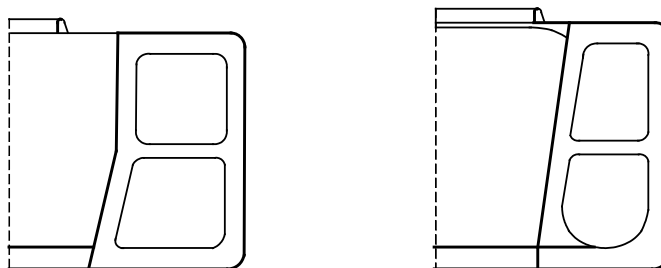


Rys. 20.1.2.1. Podstawowe typy konstrukcyjne masowca

¹ Tzn. zaprojektowanymi przede wszystkim do przewozu stałych ładunków masowych i do transportu ładunków, które są przewożone, załadowywane i rozładowywane w masie i które zajmują przestrzeń ładunkową statku w całości lub w przeważającym stopniu.

² Statki nie są uważane za niespełniające kryteriów definicji masowców na tej podstawie, że nie są rudowcami lub statkami kombinowanymi lub dlatego, że brakuje im niektórych bądź wszystkich wyszczególnionych w definicji cech konstrukcyjnych.

³ Patrz definicja masowca w *Common Structural Rules (CSR)*.

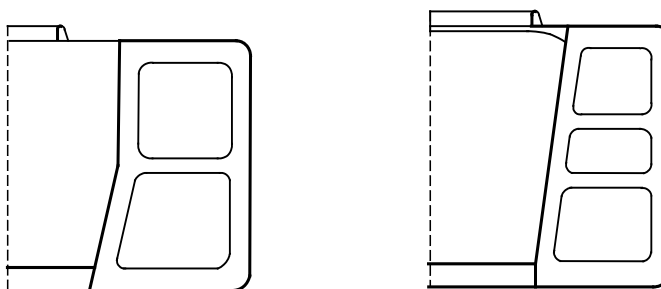


Rys. 20.1.2.2. Typowe złady poprzeczne rudowców

20.1.2.3 Statek kombinowany to statek przeznaczony do transportu zarówno ładunków olejowych, jak też suchych ładunków masowych. Ładunki te nie są przewożone jednocześnie, przy czym nie dotyczy to oleju przetrzymywanego w zbiornikach resztkowych.

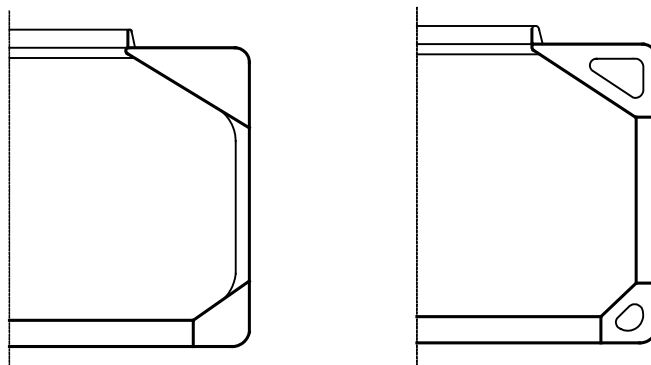
Do kategorii statków kombinowanych należą zdefiniowane niżej roporudowce i roporudomasowce.

Zasadniczym typem konstrukcyjnym roporudowca jest statek z własnym napędem, jednopokładowy, z dwiema grodziami wzdłużnymi i dnem podwójnym w rejonie ładunkowym, przeznaczony do przewozu rudy w ładowniach środkowych lub ropy w ładowniach środkowych i w zbiornikach bocznych. Typowe złady poprzeczne roporudowców pokazano na rys. 20.1.2.3-1.



Rys. 20.1.2.3-1. Typowe złady poprzeczne roporudowców

Zasadniczym typem konstrukcyjnym roporudomasowca jest statek z własnym napędem, jednopokładowy, z dnem podwójnym, ze zbiornikami obłowymi i szczytowymi oraz z burtą pojedynczą lub podwójną w rejonie ładunkowym. Statek jest przeznaczony głównie do transportu ropy albo suchych ładunków masowych, włączając rudę. Typowe złady poprzeczne roporudomasowców pokazano na rys. 20.1.2.3-2.



Rys. 20.1.2.3-2. Typowe złady poprzeczne roporudomasowców

20.1.2.4 Konstrukcja statków przewożących przemiennie stałe ładunki masowe i ładunki olejowe powinna być tak zmodyfikowana w stosunku do wyżej opisanych systemów konstrukcyjnych, aby spełniała wymagania dla zbiornikowców podane w rozdziale 21.

20.1.2.5 Dopuszcza się możliwość zastosowania specjalnych rozwiązań konstrukcyjnych w celu przystosowania statku do przewozu jednej bądź kilku klas ładunków masowych. Rozwiązania takie podlegają odrębnemu rozpatrzeniu przez PRS.

20.1.3 Klasyfikacja

20.1.3.1 Statki spełniające odpowiednie wymagania niniejszego rozdziału (lub wymagania CSR) mogą otrzymać dodatkowe znaki w symbolu klasy:

ORE CARRIER – rudowiec,

BULK CARRIER – masowiec,

a statki przystosowane do przemiennego przewożenia ładunków ciekłych i stałych ładunków masowych:

CRUDE OIL TANKER/ORE CARRIER – roporudowiec,

CRUDE OIL TANKER/ORE CARRIER/BULK CARRIER – roporudomasowiec.

20.1.4 Wymagania ogólne

20.1.4.1 Pokład, dno podwójne, pochyłe ściany zbiorników obłowych i szczytowych oraz burta w obrębie zbiorników obłowych i szczytowych powinny mieć wzdłużny układ wiązań. Burta pomiędzy zbiornikami obłowym i szczytowym powinna mieć poprzeczny układ wiązań. W przypadku podwójnej burty może być zastosowany zarówno poprzeczny, jak i wzdłużny układ wiązań.

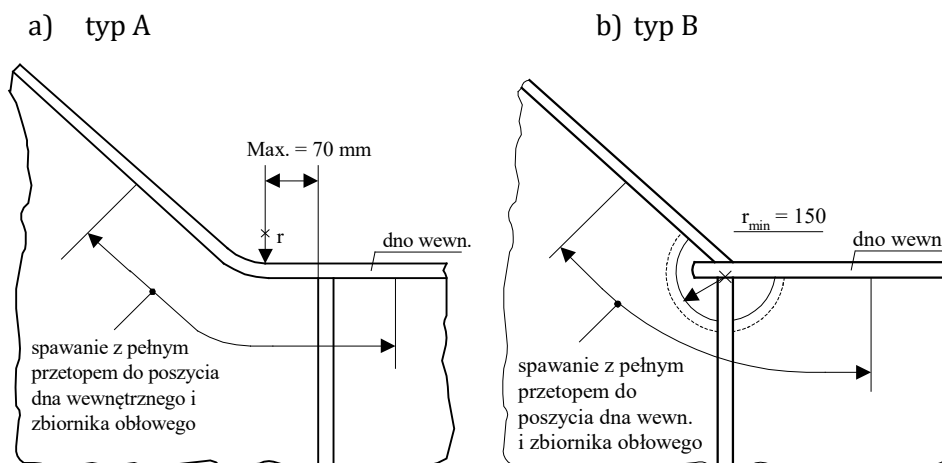
20.1.4.2 Konstrukcja burt w obrębie ładowni jednopokładowych masowców o pojedynczej burcie ze zbiornikami obłowymi i szczytowymi, przeznaczonych do przewozu stałych ładunków masowych, powinna spełniać wymagania podrozdziału 20.5.

20.1.5 Szczegóły konstrukcyjne

20.1.5.1 Połączenie poszycia dna wewnętrznego z poszyciem zbiornika obłowego może być wykonane w następujących wariantach:

typ A – połączenie ciągłe, z zaokrągleniem (rys. 20.1.5.1-a);

typ B – połączenie spawane (rys. 20.1.5.1-b).



Rys. 20.1.5.1. Połączenie poszycia dna wewnętrznego z poszyciem zbiornika obłowego

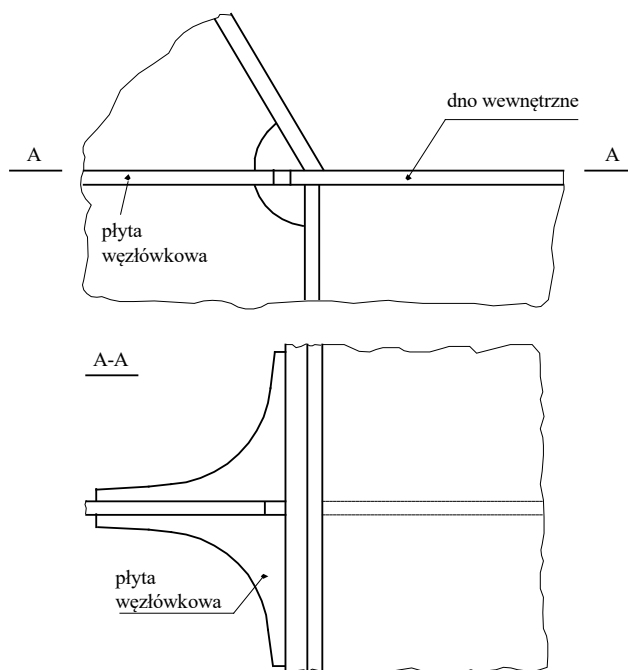
20.1.5.2 W połączeniu typu A nie należy stosować skalopsów w środnikach dennika i wiązara w zbiorniku obłowym. W rejonie zaokrąglenia poszycia należy zastosować spawanie z pełnym przetopem. Odległość środka zaokrąglenia poszycia od wzdłużnika nie powinna być większa niż 70 mm.

20.1.5.3 W połączeniu typu B skalopsy w środnikach dennika i wiązara w zbiorniku obłowym (zastosowane w celu ułatwienia montażu konstrukcji) powinny być zaślepione przy pomocy płyt nakładkowych.

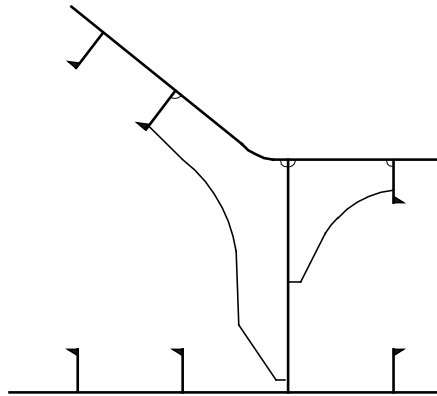
Minimalny promień skalopsów powinien wynosić 150 mm. Połączenie środników dennika i wiązara w zbiorniku obłowym oraz płyty nakładkowej z poszyciem powinno być wykonane przy pomocy spawania z pełnym przetopem.

20.1.5.4 Skalopsy w środnikach dennika i wiązara w zbiorniku obłowym mogą być zastosowane pod warunkiem zastosowania płyt węzłowych pokazanych na rys. 20.1.5.4. Zaleca się, aby płyty węzłowe były integralną częścią płyt poszycia dna wewnętrznego. Jeżeli skalopsy są zaślepione przy pomocy płyt nakładkowych (wg wymagań punktu 20.1.5.3), to stosowanie płyt węzłowych nie jest wymagane, należy jednak zastosować wówczas węzłówki pośrednie wg wymagań punktu 20.1.5.5.

20.1.5.5 Jeżeli zastosowano połączenie typu A, to pomiędzy dennikami należy zastosować węzłówki o konstrukcji pokazanej na rys. 20.1.5.5. Odległości pomiędzy tymi węzłówkami oraz pomiędzy węzłówkami, a sąsiadującymi z nimi dennikami powinny być nie większe niż 1,0 m. Zastosowanie takich węzłówek jest także wymagane w przypadku połączenia typu B z zaślepionymi skalopsami, gdzie nie zastosowano płyt węzłowych wg wymagań punktu 20.1.5.4.



Rys. 20.1.5.4. Zastosowanie płyt węzłowych w połączeniu ze skalopsami



Rys. 20.1.5.5. Węzłówki pośrednie

20.1.6 Naddatki korozyjne

20.1.6.1 Zalecane jest zastosowanie następujących, zwiększonych w stosunku do określonych w 2.5, naddatków korozyjnych:

- poszycie dna wewnętrznego oraz najniżej położone części poszycia zbiorników obłowych i cokołów grodzi w ładowniach – nie mniej niż 3,5 mm;
- pozostałe części poszycia zbiorników obłowych i cokołów grodzi w ładowniach – nie mniej niż 2,0 mm.

Ostateczne wartości zastosowanych naddatków korozyjnych dla wymienionych wyżej elementów kadłuba należy w każdym przypadku uzgodnić z PRS.

20.1.7 Dokumentacja

20.1.7.1 Do rozpatrzenia i zatwierdzenia należy przedłożyć dokumentację wymienioną w 1.4.2.

20.2 Wytrzymałość miejscowa

20.2.1 Wymiary wiązań należy określać zgodnie z wymaganiami rozdziału 13, przyjmując wartości parametrów zgodnie z wymaganiami niniejszego podrozdziału.

W odniesieniu do konstrukcji burt, grodzi oraz dna mają zastosowanie również wymagania określone w podrozdziałach 20.5, 20.6, 20.7 i 20.8.

20.2.2 Poszycie dna wewnętrznego powinno mieć grubość nie mniejszą niż grubość obliczona wg wzoru 13.2.), w którym należy przyjąć:

$$k_1 = 0,03;$$

$$t_0 = 9,0 \text{ w świetle luków ładunkowych,}$$

$$t_0 = 8,0 \text{ w pozostałych częściach dna.}$$

20.2.3 Grubość płyt poszycia oraz geometryczne własności przekroju poprzecznego usztywnień poszczególnych konstrukcji kadłuba należy określać według wymagań podstawowych, stosując wartości obciążeń obliczeniowych podane w 16.4.2 oraz 16.4.3, jeżeli mają one zastosowanie.

20.2.4 Przy obliczaniu wymaganej grubości poszycia dna statku z dodatkowym znakiem w symbolu klasy **HC/ALT** lub **HC/E**, mającym poprzeczny układ wiązań dna, zamiast podanych w tabeli 13.4.2.2 wartości naprężeń dopuszczalnych należy przyjąć:

- dla dna zewnętrznego $\sigma = 160k - 120f$, lecz nie więcej niż $120k$,
- dla dna wewnętrznego $\sigma = 185k - 110f$, lecz nie więcej niż $140k$.

20.3 Wytrzymałość strefowa

20.3.1 Zakres i metody obliczeń bezpośrednich

Wymiary wiązarów dna podwójnego, burt, zbiorników obłowych i szczytowych, pokładu oraz grodzi powinny być zweryfikowane przy pomocy bezpośrednich obliczeń. Zalecane jest wykonanie obliczeń metodą elementów skończonych dla fragmentów kadłuba obejmujących trzy kolejne ładownie, podzielonych na tarczowe lub powłokowe elementy skończone.

Dopuszczalne jest zastosowanie modelowania przy pomocy belkowych i prętowych elementów skończonych wg zasad podanych w *Publikacji 18/P – Analiza strefowej wytrzymałości kadłuba masowca*.

Wytrzymałość wzdłużnych usztywnień w zbiornikach obłowych i szczytowych, podpierających końce wręgów burtowych, należy zweryfikować przy pomocy obliczeń bezpośrednich.

20.3.2 Stany załadowania

20.3.2.1 Dla określenia minimalnej wytrzymałości konstrukcji dna podwójnego każdej ładowni statków z dodatkowym znakiem **HC/ALT** w symbolu klasy należy przyjąć następujący stan załadowania: rozpatrywana ładownia pusta, sąsiednie ładownie pełne.

Obciążenie dna wewnętrznego ładowni pełnej należy przyjąć jako nie mniejsze niż obciążenie obliczone wg wzoru:

$$p_{dw} = g\rho(H - h_{dp}) \quad [\text{kPa}] \quad (20.3.2.1)$$

ρ – według 16.4.2.2 lub 16.4.3;

h_{dp} – średnia wysokość dna podwójnego ładowni, [m].

Obciążenie dna zewnętrznego należy przyjąć jako równe ciśnieniu hydrostatycznemu przy zanurzeniu statku $z = 0,8 T$ [m].

20.3.2.2 Dla określenia wytrzymałości konstrukcji dna podwójnego statków z dodatkowym znakiem **HC/E** w symbolu klasy należy przyjąć następujący stan załadowania: ładownia pełna przy sąsiednich ładowniach pustych, zbiorniki paliwowe lub balastowe w dnie podwójnym pod tą ładownią pełne.

Zanurzenie obliczeniowe należy przyjmować następująco:

- dla wymiarowania konstrukcji dna ładowni pełnej: najmniejsze możliwe zanurzenie dla warunków portowych nie większe niż $0,67T$;
- dla wymiarowania konstrukcji dna ładowni pustej: wartość zanurzenia konstrukcyjnego T .

20.3.3 Dla wymiarowania pozostałych konstrukcji należy przyjąć najbardziej niekorzystne możliwe stany załadowania i przypadki rozmieszczenia ładunku, balastu, paliwa itp.

20.4 Wytrzymałość wzdłużna i zmęczeniowa

20.4.1 Obliczona zgodnie z 15.9 krzywa sił poprzecznych może być poprawiona ze względu na bezpośrednie przenoszenie sił z dna podwójnego na grodzie poprzeczne.

20.4.2 W obrębie pomiędzy grodzią dziobową w ładowni rufowej i grodzią rufową w ładowni dziobowej grubość poszycia burt powinna być nie mniejsza niż grubość obliczona wg wzoru:

$$t = \frac{0,0036}{k} L_1 \sqrt[3]{LB} \quad [\text{mm}] \quad (20.4.2)$$

L_1 – patrz 13.1.2.

Jeżeli stosunek długości ładowni do szerokości statku jest większy niż 1, to grubość poszycia burtowego podlega odrębnemu rozpatrzeniu przez PRS.

Poza wymienionym obrębem grubość poszycia burt może zmieniać się liniowo, tak aby zachować wymaganą w podrozdziale 15.11 powierzchnię przekroju burty na ścinanie w rejonie dziobowej grodzi maszynowni i grodzi skrajnika dziobowego lub sąsiedniego zbiornika głębokiego.

20.4.3 Wytrzymałość zmęczeniowa elementów konstrukcji kadłuba wykonanych ze stali o podwyższonej wytrzymałości powinna być sprawdzona zgodnie z wymaganiami *Publikacji 45/P – Analiza wytrzymałości zmęczeniowej stalowego kadłuba statku*.

W szczególnych przypadkach PRS może wymagać sprawdzenia wytrzymałości zmęczeniowej elementów konstrukcji kadłuba wykonanych ze stali o zwykłej wytrzymałości.

20.5 Konstrukcje burt statków o pojedynczej burcie

20.5.1 Zakres zastosowania

Wymagania podrozdziału 20.5 dotyczą konstrukcji burt w rejonie ładowni na masowcach o pojedynczej burcie, jednopokładowych, ze zbiornikami obłowymi i szczytowymi w rejonie ładowni, przeznaczonych głównie do przewozu stałych ładunków masowych.

20.5.2 Wymiarowanie konstrukcji burt

Grubość poszycia burty, wskaźniki przekroju i pole na ścinanie poprzecznego przekroju wręgów powinny być określone zgodnie z wymaganiami rozdziału 13.

Wymiary wręgów burtowych znajdujących się w ładowniach i bezpośrednio przylegających do grodzi zderzeniowych powinny być zwiększone, aby zapobiec nadmiernym odkształceniom poszycia. Zamiast tego można zastosować konstrukcje będące przedłużeniem wzdłużników skrajnika dziobowego, które będą stanowić podparcie dla wręgów w dziobowej ładowni.

20.5.3 Minimalna grubość środników wręgów

W rejonie ładowni grubość środników wręgów nie może być mniejsza niż grubość określona wg wzoru:

$$t_{w, \min} = 7,0 + 0,03L_0 \text{ [mm]} \quad (20.5.3)$$

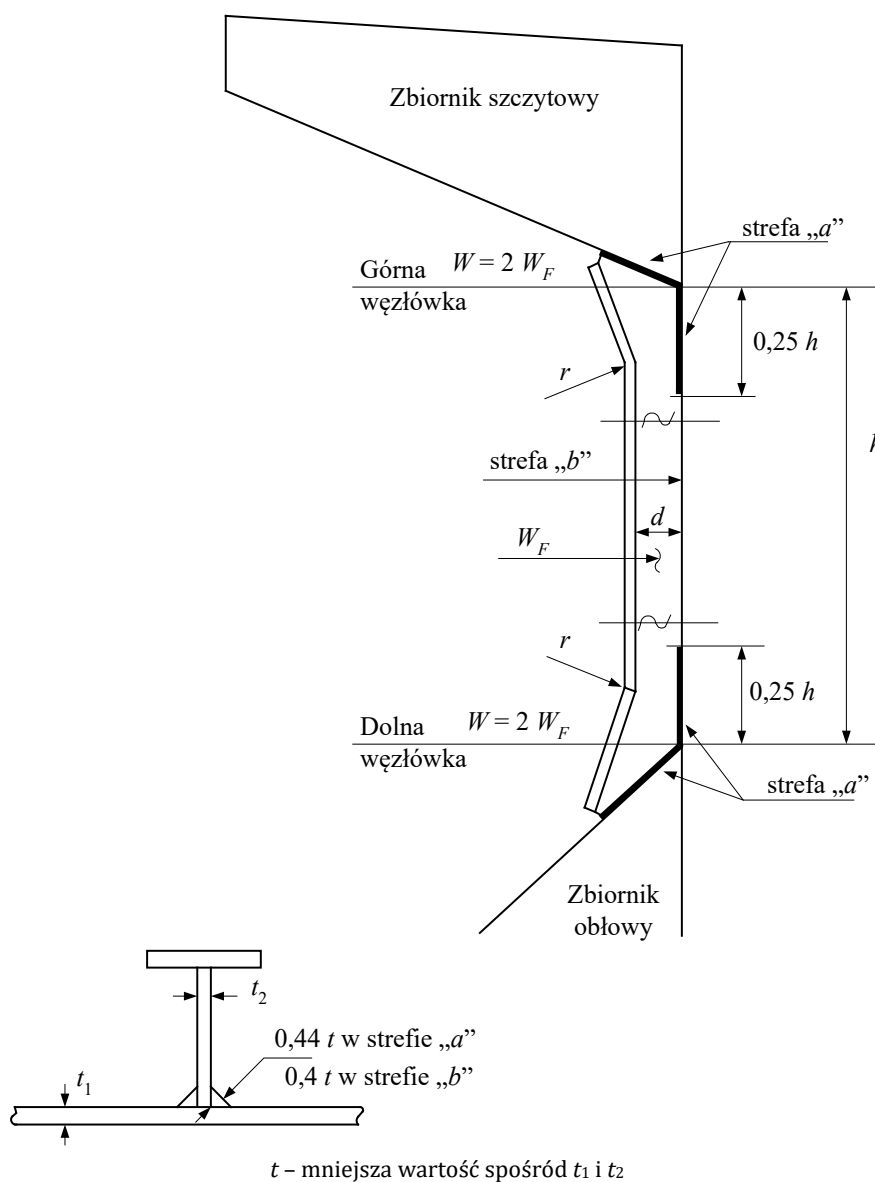
L_0 – długość obliczeniowa [m] – jak to określono w 1.2, ale nie musi być przyjęta większa niż 200 m;

$C = 1,15$ – w przypadku środników wręgów w obrębie ładowni dziobowej (pierwszej od dziobu),

1,0 – w przypadku środników wręgów w obrębie pozostałych ładowni.

20.5.4 Dolne i górne węzłówki wręgów

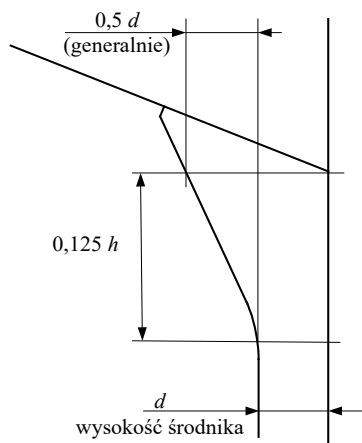
Grubość dolnych węzłówek wręgów powinna być nie mniejsza niż większa z dwóch wartości: t_w i $t_{w, \min} + 2$ mm, gdzie t_w oznacza zastosowaną grubość środnika wręgu burtowego. Grubość górnej węzłówki wręgu powinna być nie mniejsza niż większa z dwóch wartości: t_w i $t_{w, \min}$.



Rys. 20.5.4-1

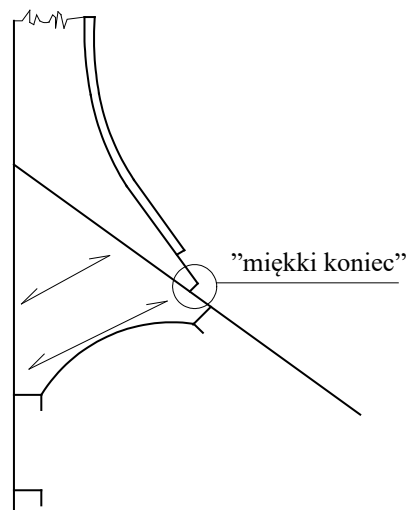
Wskaźnik przekroju W (obliczany wraz z pasem współpracującym poszycia) wręgu i wężłówki lub wężłówki zintegrowanej (w miejscach pokazanych na rys. 20.5.4-1) powinien być nie mniejszy niż dwukrotna wartość wskaźnika przekroju W_F , wymaganego w obrębie środkowej części wręgu.

Wymiary dolnych i górnych wężłówek powinny być nie mniejsze niż wymiary wynikające z rys. 20.5.4-2.



Rys. 20.5.4-2

W odniesieniu do górnych i dolnych zakończeń wręgów powinna być zapewniona ciągłość konstrukcji poprzez zastosowanie węzłówek w zbiornikach szczytowych i obłowych, jak to pokazano na rys. 20.5.4-3. Węzłówki powinny być usztywnione w celu zabezpieczenia ich przed wyboczeniem – zgodnie z wymaganiami podrozdziału 13.8.



Rys. 20.5.4-3

Wskaźniki przekroju wzdłużnych usztywnień burt i pochyłych ścian zbiorników szczytowych i obłowych, które stanowią podparcie wyżej opisanych węzłówek, należy określić zgodnie z wymaganiami podrozdziału 13.5, przyjmując rozpiętość usztywnień równą odległości pomiędzy ramami poprzecznymi. Można zastosować inne rozwiązania po uzgodnieniu z PRS. W takich przypadkach wskaźniki przekroju ww. usztywnień powinny być tak dobrane, aby usztywnienia te stanowiły efektywne podparcie węzłówek.

20.5.5 Konstrukcja wręgów

Wręgi powinny być wykonane jako kształtowniki symetryczne ze zintegrowanymi górnymi i dolnymi węzłówkami, które powinny mieć „miękkie” zakończenia (patrz rys. 20.5.4-3).

Mocnik wręgu powinien być wygięty (nie łamany) w miejscu połączenia z węzłówką. Promień gięcia powinien być nie mniejszy niż promień obliczony wg wzoru:

$$r = \frac{0,4b_f^2}{t_f} \quad [\text{mm}] \quad (20.5.5)$$

gdzie b_f i t_f oznaczają, odpowiednio, szerokość mocnika i grubość węzłówki, w mm. Koniec mocnika powinien być ścięty.

W przypadku statków o długości mniejszej niż 190 m, wręgi ze stali o zwykłej wytrzymałości mogą być asymetryczne i zaopatrzone w węzłówki niezintegrowane. Płyta czołowa lub mocnik węzłówki powinny być ścięte na obu końcach. Zakończenia węzłówek powinny być „miękkie”.

Stosunek wysokości środka do grubości wręgu nie może przekraczać następujących wartości:

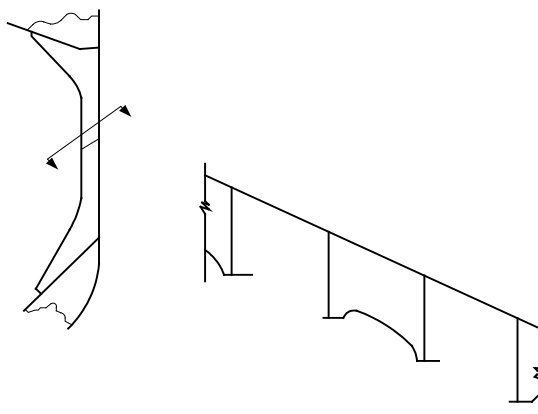
- $60/k^{0,5}$ dla wręgów z symetrycznymi mocnikami,
- $50/k^{0,5}$ dla wręgów z asymetrycznymi mocnikami,

gdzie $k = 1,0$ dla zwykłej stali kadłubowej i $k > 1$ dla stali o podwyższonej wytrzymałości – zgodnie z 2.2.

Niepodparta szerokość mocnika, mierzona od środka, nie powinna być większa niż $10/k^{0,5}$ razy grubość mocnika.

20.5.6 Węzłówki przeciwnskątne

Jeżeli w obrębie pierwszej ładowni od dziobu zastosowano wręgi o asymetrycznym przekroju, należy w tym rejonie zamontować węzłówki przeciwnskątne na co drugim wręgu, jak pokazano na rys. 20.5.6.



Rys. 20.5.6

20.5.7 Połączenia spawane wręgów i węzłówek

Połączenia wręgów i węzłówek z poszyciem burtowym, poszyciem zbiorników obłowych i szczytowych oraz połączenia środków z mocnikami powinny być wykonane dwustronną spoiną ciągłą.

W ww. połączeniach grubość spoiny powinna wynosić (patrz rys 20.5.4-1):

- $0,44t$ w strefie „a”,
- $0,4t$ w strefie „b”,

gdzie t oznacza grubość cieńszego z dwóch łączonych elementów.

W miejscach, gdzie kształt kadłuba uniemożliwia zastosowanie efektywnego spawania pachwinowego, może być wymagane odpowiednie przygotowanie do spawania krawędzi środka wręgu i węzłówki, aby zapewnić taką samą skuteczność połączenia spawanego, jaką zapewnia połączenie opisane powyżej.

20.5.8 Minimalna grubość poszycia kadłuba

Grubość poszycia kadłuba pomiędzy zbiornikami obłowymi a szczytowymi powinna być nie mniejsza niż grubość obliczona wg wzoru:

$$t_{p,\min} = \sqrt{L_0} \quad [\text{mm}] . \quad (20.5.8)$$

20.6 Wytrzymałość wzdłużna kadłuba w stanach awaryjnego zalania przedziałów wodoszczelnych

20.6.1 Warunki zalewania

W przypadku masowców o długości $L_0 \geq 150$ m, zaprojektowanych do przewozu suchych ładunków masowych o gęstości $1,0 \text{ t/m}^3$ i większej:

- a) z jednopozyciową konstrukcją burty, lub
- b) z podwójnym poszyciem burty skonstruowanym w ten sposób, że każda część grodzi wzdłużnej znajduje się w obrębie $B/5$ lub $11,5$ m (w zależności od tego, która wartość jest mniejsza), mierząc od burty statku do wnętrza statku, prostopadle do płaszczyzny symetrii, na wysokości odpowiadającej letniej wodnicy ładunkowej,

każdą ładownię należy rozpatrywać oddzielnie jako zalaną do wodnicy równowagi.

Powyższe wymaganie ma zastosowanie także do masowców samowyładowczych, w których system samowyładowczy zachowuje wodoszczelność w warunkach morskich.

W przypadku masowców samowyładowczych, w których system samowyładowczy nie zachowuje wodoszczelności, wytrzymałość wzdłużna kadłuba w stanach awaryjnego zalania przedziałów wodoszczelnych powinna być sprawdzana z uwzględnieniem możliwego do zalania wodą rejonu kadłuba.

Należy sprawdzić wytrzymałość wzdłużną tych statków z uwzględnieniem powyższych stanów zalania dla wszystkich stanów ładunkowych i balastowych określonych w 15.4.2 i dla wszelkich innych stanów załadowania, na których oparty był projekt statku, włączając stany wymagane przez *Publikację 16/P – Środki kontroli obciążenia statku*.

Nie muszą być uwzględniane stany portowe, statek w stanie do dokowania, pośrednie stany załadowania w trakcie operacji ładunkowych w porcie oraz przejściowe stany załadowania występujące podczas wymiany wód balastowych.

Obciążenia kadłuba na wodzie spokojnej w stanach zalania przedziałów wodoszczelnych należy wyznaczyć dla powyższych ładunkowych i balastowych stanów załadowania.

Obciążenia falowe w stanach zalania przedziałów należy przyjmować jako równe 80% maksymalnego obciążenia falowego określonego w rozdziale 15.

20.6.2 Kryteria zalania

Aby obliczyć ciężar wody, która zalała ładownię, należy przyjąć następujące założenia:

- .1 stopień zalania pustych ładowni oraz pustych przestrzeni ponad ładunkiem w częściowo zapełnionych ładowniach należy przyjąć jako równy $0,95$;
- .2 dla każdego przewożonego ładunku należy przyjąć odpowiedni stopień zalania i odpowiednią gęstość masy. W przypadku rudy żelaza należy przyjąć minimalny stopień zalania równy $0,3$ i odpowiadającą mu gęstość masy $3,0 \text{ t/m}^3$. W przypadku cementu należy przyjąć minimalny stopień zalania równy $0,3$ i odpowiadającą mu gęstość masy $1,3 \text{ t/m}^3$. Wyżej wymieniony „stopień zalania” ładunków stałych oznacza stosunek objętości możliwej do wypełnienia wodą – pomiędzy cząsteczkami, granulkami lub większymi cząstkami (kawałkami) ładunku, do całkowitej objętości zajmowanej przez ładunek.

W przypadku ładunków pakowanych (np. produkty hutnicze) należy przyjąć faktyczną gęstość ładunku, zaś stopień zalania przyjąć jako równy 0.

20.6.3 Obliczanie naprężeń

Naprężenia normalne od zginania σ_{fld} należy obliczać wg wzoru:

$$\sigma_{fld} = \frac{M_{sf} + 0,8M_w}{W_z} 10^3 \quad [\text{MPa}] \quad (20.6.3-1)$$

M_{sf} – moment zginający na wodzie spokojnej [kNm] w rozpatrywanym przekroju, w stanie zalania przedziału wodoszczelnego;

M_w – falowy moment zginający [kNm], określony według 15.5.1 dla rozpatrywanego przekroju;

W_z – wskaźnik przekroju kadłuba [cm³] w rozpatrywanym przekroju.

Wytrzymałość poszycia burty lub burty wewnętrznej (jeżeli jest zastosowana) w warunkach ścinania przy zginaniu ogólnym, w dowolnym przekroju poprzecznym kadłuba, należy sprawdzić wg wymagań punktu 15.11.1 lub 15.11.2, gdzie w miejsce Q_s i Q_w należy przyjąć Q_{sf} i Q_{wf} , które oznaczają:

Q_{sf} – siła poprzeczna na wodzie spokojnej [kN] w rozpatrywanym przekroju, w stanie zalania ładowni;

$Q_{wf} = 0,8Q_w$;

Q_w – falowa siła poprzeczna w rozpatrywanym przekroju (patrz 15.10.1 i 15.10.2) [kN].

20.6.4 Kryteria wytrzymałościowe

Zakłada się, że uszkodzona konstrukcja zachowuje w pełni zdolność do przenoszenia przyłożonych do niej obciążeń.

Dopuszczalne naprężenia i wytrzymałość na wyboczenie powinny odpowiadać wymaganiom zawartym w rozdziałach 13 i 15.

20.7 Wymiarowanie poprzecznych wodoszczelnych grodzi falistych z uwzględnieniem zalania ładowni

20.7.1 Zastosowanie i objaśnienia

20.7.1.1 Konstrukcja i wytrzymałość poprzecznych wodoszczelnych grodzi falistych o profilach pionowych na masowcach o długości $L_0 \geq 150$ m, z burtą pojedynczą lub podwójną¹, przeznaczonych do przewozu stałych ładunków masowych o gęstości 1,0 t/m³ lub większej, dla których kontrakt na budowę został zawarty w dniu 1 lipca 2006 r. lub później, powinny po zalaniu dowolnej ładowni odpowiadać wymaganiom podrozdziałów 20.7.2 do 20.7.6.

Grubość netto t_{net} jest to grubość uzyskana w wyniku zastosowania kryteriów wytrzymałościowych podanych w 20.7.4.

Wymaganą grubość uzyskuje się przez dodanie naddatku korozyjnego t_k podanego w 20.7.6 do grubości netto t_{net} .

Wymieniany w podrozdziale 20.7 stan równomiernego załadowania oznacza taki stan załadowania, w którym stosunek pomiędzy najwyższym i najniższym stopniem zapełnienia określonym dla każdej ładowni (skorygowanym ze względu na różną gęstość ładunków w poszczególnych ładowniach) nie przekracza 1,20.

¹ Skonstruowaną w ten sposób, że każda część grodzi wzdłużnej znajduje się w obrębie B/5 lub 11,5 m (w zależności od tego, która wartość jest mniejsza), mierząc od burty statku do wnętrza statku, prostopadle do płaszczyzny symetrii na wysokości odpowiadającej letniej wodnicy ładunkowej.

20.7.2 Obciążenie grodzi

20.7.2.1 Zasady ogólne

Rozważane w podrozdziale 20.7.2 obciążenia działające na grodzie są superpozycją obciążeń spowodowanych ładunkiem oraz obciążeń spowodowanych zalaniem ładowni przylegającej do danej grodzi. W każdym przypadku należy rozważyć skutki spowodowane obciążeniem grodzi tylko wodą po zalaniu ładowni.

Powyższe wymaganie ma zastosowanie także do masowców samowyładowczych, w których system samowyładowczy zachowuje wodoszczelność w warunkach morskich.

W przypadku masowców samowyładowczych, w których system samowyładowczy nie zachowuje wodoszczelności, obciążenia grodzi spowodowane zalaniem ładowni powinny być ustalane z uwzględnieniem możliwego do zalania wodą rejonu kadłuba.

Przy sprawdzaniu wymiarów każdej grodzi należy rozważyć najbardziej niekorzystne kombinacje obciążeń od ładunku i od wody po zalaniu ładowni – dla następujących stanów załadowania zawartych w podręczniku ładunkowym:

- dla stanów załadowania równomiernego,
 - dla stanów załadowania nierównomiernego,
- rozpatrując osobno zalanie ładowni pustej oraz załadowanej.

Projektowe ograniczenia obciążeń ładowni powinny być przedstawione w formie odpowiednich stanów załadowania, określonych przez projektanta w *Podręczniku ładunkowym*.

Pośrednie etapy stanów równomiernego załadowania (związane z operacjami za- i wyładunku dokonywanymi w kilku portach) nie muszą być uwzględniane wg niniejszych wymagań. Ładowanie, w których przewożone są ładunki opakowane, należy traktować jako puste.

Jeżeli statek jest przeznaczony nie tylko do przewozu rudy żelaza lub ładunku o gęstości $1,78 \text{ t/m}^3$ lub większej w stanach załadowania nierównomiernego, to w takim przypadku należy również rozważyć stan, w którym ładunek o maksymalnej masie, która może być przewożona w danej ładowni, wypełnia ją do poziomu pokładu górnego w płaszczyźnie symetrii.

20.7.2.2 Poziom wody po zalaniu ładowni

Wysokość słupa wody h_f (patrz rys. 20.7.2.2) to odległość wyrażona w metrach, mierzona pionowo gdy statek jest wyprostowany, od punktu obliczeniowego do poziomu znajdującego się w odległości d_f , wyrażonej w metrach, od płaszczyzny podstawowej. Wartości d_f są następujące:

a) generalnie:

- D – dla poprzecznej grodzi falistej najbliższej pionu dziobowego statku,
- $0,9D$ – dla pozostałych grodzi.

Jeśli statek jest przeznaczony do przewozu w stanach załadowania nierównomiernego tylko ładunków o gęstości mniejszej niż $1,78 \text{ t/m}^3$, to można przyjąć następujące wartości:

- $0,95D$ – dla poprzecznej grodzi falistej najbliższej pionu dziobowego,
- $0,85D$ – dla pozostałych grodzi;

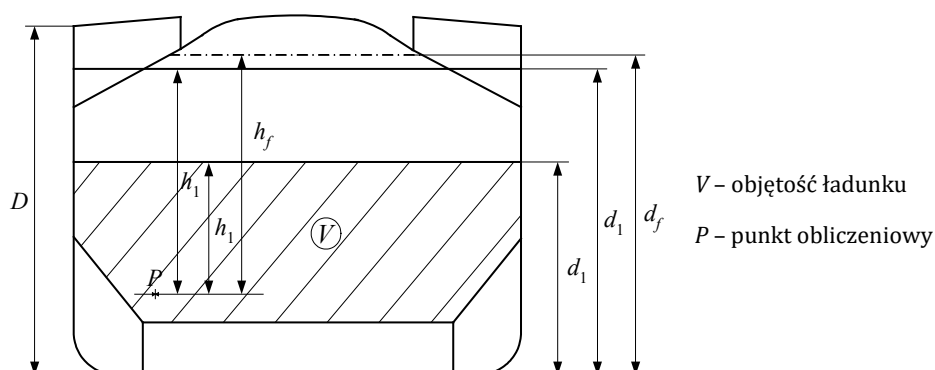
b) dla statków o nośności mniejszej niż 50 000 ton z wolną burtą typu B:

- $0,95D$ – dla poprzecznej grodzi falistej najbliższej pionu dziobowego,
- $0,85D$ – dla pozostałych grodzi.

Jeśli statek jest przeznaczony do przewozu w stanach załadowania nierównomiernego tylko ładunków o gęstości mniejszej niż $1,78 \text{ t/m}^3$, to można przyjąć następujące wartości:

- $0,9D$ – dla poprzecznej grodzi falistej najbliższej pionu dziobowego,
- $0,8D$ – dla pozostałych grodzi;

D – odległość wyrażona w metrach od płaszczyzny podstawowej do pokładu wolnej burty, przy burcie, w płaszczyźnie owręża (patrz rys. 20.7.2.2).



Rys. 20.7.2.2

20.7.2.3 Ciśnienie w niezalanych ładowniach wypełnionych ładunkami masowymi

W każdym punkcie grodzi wartość ciśnienia p_c należy obliczać wg wzoru:

$$p_c = \rho_c g h_1 \text{tg}^2 \gamma \quad [\text{kPa}] \quad (20.7.2.3-1)$$

ρ_c – gęstość ładunku masowego [t/m^3];

$g = 9,81 \text{ m}/\text{s}^2$ – przyspieszenie ziemskie;

h_1 – odległość mierzona pionowo [m] od punktu obliczeniowego do płaszczyzny poziomej odpowiadającej wysokości ładunku (patrz rys. 20.7.2.2), znajdującej się w odległości d_1 , w metrach, od płaszczyzny podstawowej;

$\gamma = 45^\circ - (\varphi/2)$;

φ – kąt usypu ładunku, w stopniach, którego wartość dla rudy żelaza można przyjmować jako równą 35° , a dla cementu 25° .

Siłę F_c działającą na pojedynczą falę grodzi należy obliczać wg wzoru:

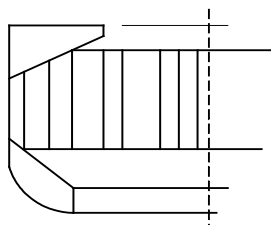
$$F_c = \rho_c g s_1 \frac{(d_1 - h_{DB} - h_{LS})^2}{2} \text{tg}^2 \gamma \quad [\text{kN}] \quad (20.7.2.3-2)$$

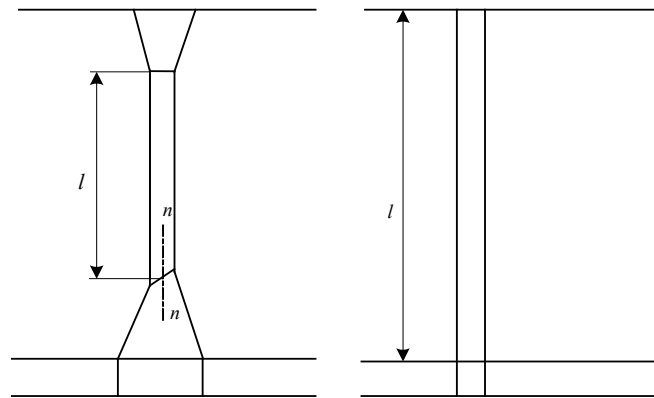
ρ_c, g, d_1, γ – jak wyżej;

s_1 – szerokość pojedynczej fali grodzi [m] (patrz rys. 20.7.2.3-1);

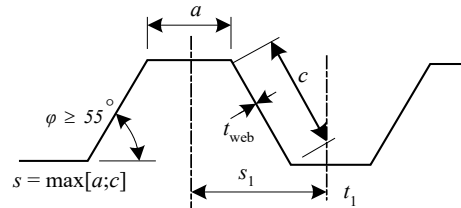
h_{LS} – średnia wysokość dolnego cokołu [m] mierzona od poziomu dna wewnętrznego;

h_{DB} – wysokość dna podwójnego [m].

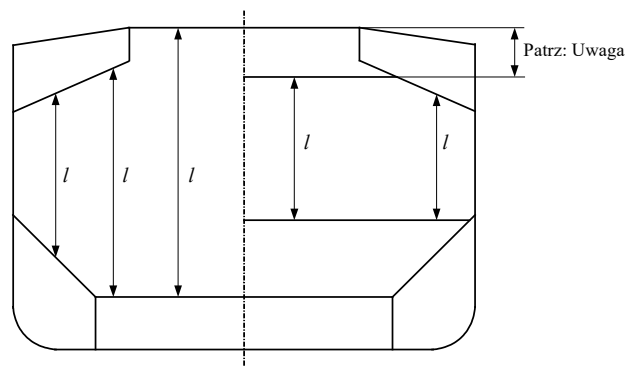




n = oś obojętna fali grodzi



Rys. 20.7.2.3-1



Rys. 20.7.2.3-2

Uwaga: Przy określaniu l należy przyjmować, że dolna krawędź górnego cokołu grodzi leży w odległości od pokładu mierzonej w płaszczyźnie symetrii statku nie większej niż:

- generalnie – trzykrotna wysokość fali grodzi,
- dla cokołów prostokątnych – dwukrotna wysokość fali grodzi.

20.7.2.4 Ciśnienie w zalanych ładowniach

20.7.2.4.1 Ładownie z ładunkiem masowym

W zależności od wartości d_1 i d_f należy rozpatrywać dwa przypadki:

a) $d_f \geq d_1$

W każdym punkcie grodzi położonym w odległości między d_1 a d_f od płaszczyzny podstawowej, ciśnienie $p_{c,f}$ należy obliczać wg wzoru:

$$p_{c,f} = \rho g h_f \quad [\text{kPa}] \quad (20.7.2.4.1-1)$$

ρ – gęstość wody morskiej [t/m^3];

g – jak podano w 20.7.2.3;

h_f – wysokość obciążenia jak zdefiniowano w 20.7.2.2.

W każdym punkcie grodzi położonym w odległości mniejszej niż d_1 od płaszczyzny podstawowej, ciśnienie $p_{c,f}$ należy obliczać wg wzoru:

$$p_{c,f} = \rho g h_f + [\rho_c - \rho (1 - \text{perm})] g h_1 \text{tg}^2 \gamma \quad [\text{kPa}] \quad (20.7.2.4.1-2)$$

ρ, h_f – jak wyżej;

ρ_c, g, h_1, γ – jak podano w 20.7.2.3;

perm – współczynnik zalania ładunku, należy przyjąć 0,3 dla rudy (odpowiednią gęstość ładunku masowego dla rudy żelaza można przyjmować jako równą $3,0 \text{ t/m}^3$), węgla i cementu (gęstość ładunku masowego dla cementu można przyjąć jako równą $1,3 \text{ t/m}^3$).

Siłę $F_{c,f}$, działającą na falę grodzi, należy obliczać wg wzoru:

$$F_{c,f} = \left[\rho g \frac{(d_f - d_1)^2}{2} + \frac{\rho g (d_f - d_1) + (p_{c,f})_{le}}{2} (d_1 - h_{DB} - h_{LS}) \right] [\text{kN}] \quad (20.7.2.4.1-3)$$

ρ – jak wyżej;

$s_1, g, d_1, h_{DB}, h_{LS}$ – jak podano w 20.7.2.3;

d_f – jak podano w 20.7.2.2;

$(p_{c,f})_{le}$ – ciśnienie [kPa] na poziomie dolnego końca fali grodzi.

b) $d_f < d_1$

W każdym punkcie grodzi położonym w odległości między d_1 a d_f od płaszczyzny podstawowej, ciśnienie $p_{c,f}$ należy obliczać wg wzoru:

$$p_{c,f} = \rho_c g h_1 \text{tg}^2 \gamma \quad [\text{kPa}] \quad (20.7.2.4.1-4)$$

ρ_c, g, h_1, γ – jak podano w 20.7.2.3.

W każdym punkcie grodzi położonym w odległości mniejszej niż d_f od płaszczyzny podstawowej, ciśnienie $p_{c,f}$ należy obliczać wg wzoru:

$$p_{c,f} = \rho g h_f + [\rho_c h_1 - \rho (1 - \text{perm}) h_f] g \text{tg}^2 \gamma \quad [\text{kPa}] \quad (20.7.2.4.1-5)$$

h_f, perm – jak wyżej, w a);

ρ_c, g, h_1, γ – jak podano w 20.7.2.3.

Siłę $F_{c,f}$ działającą na falę grodzi należy obliczać wg wzoru:

$$F_{c,f} = s_1 \left[\rho_c g \frac{(d_1 - d_f)^2}{2} \text{tg}^2 \gamma + \frac{\rho_c g (d_1 - d_f) \text{tg}^2 \gamma + (p_{c,f})_{le}}{2} (d_f - h_{DB} - h_{LS}) \right] [\text{kN}] \quad (20.7.2.4.1-6)$$

$s_1, \rho_c, g, d_1, \gamma, h_{DB}, h_{LS}$ – jak podano w 20.7.2.3;

d_f – jak podano w 20.7.2.2;

$(p_{c,f})_{le}$ – ciśnienie [kPa] na poziomie dolnego końca fali grodzi.

20.7.2.4.2 Ciśnienie od zalania ładowni pustych

W każdym punkcie grodzi należy przyjąć wartość ciśnienia hydrostatycznego p_f , które odpowiada wysokości h_f słupa wody.

Siłę F_f , działającą na falę grodzi, należy obliczać wg wzoru:

$$F_f = s_1 \rho g \frac{(d_f - h_{DB} - h_{LS})^2}{2} \quad \text{kN} \quad (20.7.2.4.2)$$

s_1, g, h_{DB}, h_{LS} – jak podano w 20.7.2.3;

ρ – jak podano w 20.7.2.4.1 a);

d_f – jak podano w 20.7.2.2.

20.7.2.5 Siła i ciśnienie wypadkowe

20.7.2.5.1 Stany załadowania równomiernego

W każdym punkcie konstrukcji grodzi ciśnienie wypadkowe p , które należy uwzględnić podczas wymiarowania grodzi, należy obliczać wg wzoru:

$$p = p_{cf} - 0,8p_c \quad [\text{kPa}] \quad (20.7.2.5.1-1)$$

Siłę wypadkową F , działającą na profil należy obliczać wg wzoru:

$$F = F_{cf} - 0,8F_c \quad [\text{kN}]. \quad (20.7.2.5.1-2)$$

20.7.2.5.2 Niejednorodne stany załadowania

W każdym punkcie konstrukcji grodzi ciśnienie wypadkowe p , które należy uwzględnić podczas wymiarowania grodzi, należy obliczać wg wzoru:

$$p = p_{cf} \quad [\text{kPa}] \quad (20.7.2.5.2-1)$$

Siłę wypadkową F , działającą na falę grodzi należy obliczać wg wzoru:

$$F = F_{cf} \quad [\text{kN}] \quad (20.7.2.5.2-2)$$

20.7.3 Moment zginający i siła ścinająca w przekrojach poprzecznych fal grodzi

Moment zginający M i siłę ścinającą Q w przekrojach poprzecznych fal grodzi należy obliczać wg wzorów podanych w 20.7.3.1 i 20.7.3.2. Wartości M i Q należy zastosować przy sprawdzeniu kryteriów wytrzymałościowych wg 20.7.4.5.

20.7.3.1 Moment zginający

Obliczeniową wartość momentu zginającego M dla fal grodzi należy obliczać wg wzoru:

$$M = \frac{Fl}{8} \quad [\text{kNm}] \quad (20.7.3.1)$$

F – siła wypadkowa [kN] jak w 20.7.2.5;

l – rozpiętość fali [m], którą należy ustalić wg rys. 20.7.2.3-1 i 20.7.2.3-2.

20.7.3.2 Siła ścinająca

Siłę ścinającą Q w dolnym końcu fali grodzi należy obliczać wg wzoru:

$$Q = 0,8F \quad [\text{kN}] \quad (20.7.3.2)$$

F – jak w 20.7.2.5.

20.7.4 Kryteria wytrzymałościowe

20.7.4.1 Zasady ogólne

Poniższe kryteria odnoszą się do grodzi poprzecznych o falach pionowych (patrz rys. 20.7.2.3-1). W przypadku statków o długości 190 m lub większej należy zastosować cokoły dolne i, generalnie, cokoły górne poniżej pokładu. W przypadku mniejszych statków fale grodzi mogą mieć zasięg od dna wewnętrznego do pokładu. Jeżeli zastosowano cokoły, to ich konstrukcja powinna spełniać wymagania niniejszego punktu 20.7.4.1.

Kąt ϕ , pokazany na rys. 20.7.2.3-1, nie może być mniejszy niż 55° .

Wymagania dotyczące grubości netto fal w warunkach zginania lokalnego zostały podane w 20.7.4.7. Należy także spełnić kryteria podane w 20.7.4.2 i 20.7.4.5.

Grubość dolnej części fali stosowana w obliczeniach wg 20.7.4.2 i 20.7.4.3 powinna być utrzymana na długości – mierzonej od poziomu dna wewnętrznego (jeśli nie zastosowano dolnego cokołu) lub od szczytu dolnego cokołu – nie mniejszej niż $0,15l$.

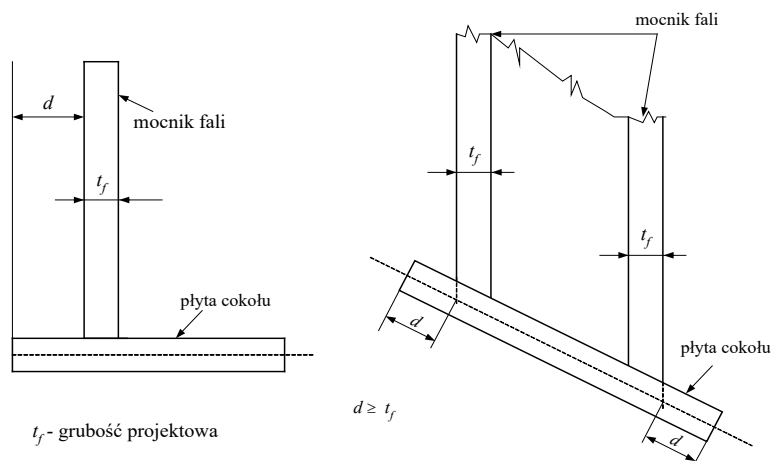
Grubość środkowej części fali, stosowana w obliczeniach wg 20.7.4.2 i 20.7.4.4, powinna być utrzymana do poziomu, który leży w odległości od pokładu (jeśli nie zastosowano górnego cokołu) lub od dolnej krawędzi górnego cokołu nie większej niż $0,3l$.

Wskaźnik wytrzymałości przekroju poprzecznego fali w pozostałej górnej części grodzi nie może być mniejszy niż 75% wartości wymaganej w części środkowej i powinien być skorygowany stosownie do wartości granicy plastyczności materiału zastosowanego w środkowej i górnej części grodzi.

a) Dolny cokół grodzi

Wysokość dolnego cokołu nie może na ogół być mniejsza niż 3-krotna wysokość fali grodzi. Grubość i wytrzymałość materiału górnej płyty cokołu muszą być co najmniej takie same jak grubość i wytrzymałość materiału fal grodzi powyżej cokołu. Grubość i wytrzymałość materiału poszycia górnych części pionowych lub pochyłych ścian cokołu na wysokości nie mniejszej niż szerokość mocnika fali grodzi powinny być nie mniejsze od grubości i wytrzymałości materiału mocników fal grodzi – w celu zapewnienia odpowiedniej sztywności podparcia i wytrzymałości dolnych części fal. Grubość płyt poszycia ścian cokołu i wskaźnik wytrzymałości usztywnień poszycia powinny spełniać wymagania podrozdziału 9.4 dla obciążeń obliczeniowych zdefiniowanych w 20.7.2 i naprężeń dopuszczalnych określonych wg 13.4.2.3 lub 13.5.2.1. Na górnych i dolnych końcach pionowych usztywnień ścian cokołu należy zastosować węzłówki.

Odległość pomiędzy krawędzią górnej płyty cokołu a zewnętrzną powierzchnią mocnika fali powinna być taka, jak pokazano na rys. 20.7.4.1-1.



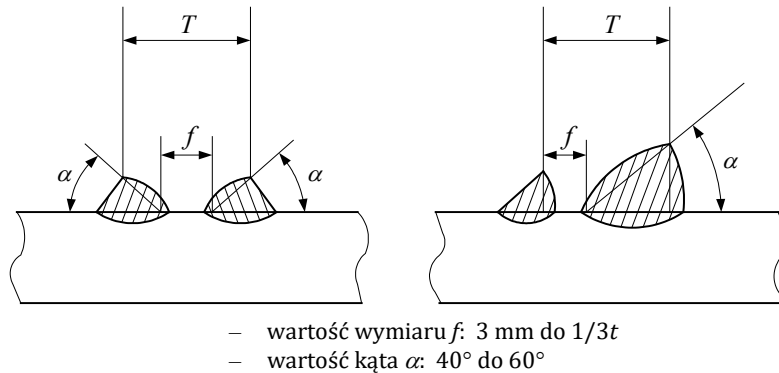
Rys. 20.7.4.1-1. Wymagana odległość d krawędzi płyty cokołu od mocnika fali grodzi

Dolne krawędzie ścian cokołu powinny być umieszczone w płaszczyznach denników dna podwójnego. Szerokość cokołu na poziomie dna wewnętrznego powinna być nie mniejsza niż 2,5-krotna średnia wysokość fal grodzi. W cokole należy zastosować przegrody umieszczone w płaszczyznach wzłużników dna podwójnego w celu efektywnego podparcia falistej części grodzi.

W miejscach połączeń węzłówek i przegród z górną płytą cokołu nie należy stosować skalopsów.

Płyty poszycia fal grodzi należy łączyć ze szczytową płytą cokołu za pomocą spawania z pełnym przetopem.

Poszycie ścian bocznych dolnego cokołu należy łączyć ze szczytową ścianą cokołu i z poszyciem dna wewnętrznego za pomocą spawania z pełnym przetopem lub z niepełnym przetopem, spełniając wymagania podane na rys. 20.7.4.1-2.



Rys. 20.7.4.1-2. Wymagania dla spawania z głębokim wtopem

Denniki, na których opiera się dolny cokół grodzi, należy łączyć z poszyciem dna wewnętrznego za pomocą spawania z pełnym przetopem lub z głębokim wtopieniem, spełniając wymagania podane na rys. 20.7.4.1-2.

b) Górny cokół grodzi

Jeżeli zastosowano górny cokół grodzi, to jego wysokość powinna w zasadzie zawierać się w przedziale od dwukrotnej do trzykrotnej wysokości fal. Wysokość cokołu o przekroju prostokątnym, odmierzana od poziomu pokładu przy wzdłużnej krawędzi łuku, powinna w zasadzie być równa dwukrotnej wysokości fal grodzi. Górny cokół grodzi powinien być odpowiednio podparty przez system wiązarów lub węzłówek połączonych z końcowymi pokładnikami łuku.

Szerokość dolnej płyty cokołu powinna generalnie być taka sama jak szerokość górnej płyty dolnego cokołu. Szerokość cokołów nieprostokątnych w górnej części powinna być nie mniejsza niż dwukrotna wysokość fali. Grubość i materiał dolnej płyty cokołu powinny być takie same jak grubość i materiał poszycia fali grodzi poniżej. Grubość dolnych części bocznych ścian poszycia cokołu powinna być nie mniejsza niż 80% wymaganej grubości górnej części fal grodzi, jeżeli zastosowano ten sam materiał. Grubość płyt poszycia ścian cokołu i wskaźnik wytrzymałości przekroju usztywnień powinny spełniać wymagania podrozdziału 9.4 dla obciążeń wyznaczonych wg 20.7.2 i naprężeń dopuszczalnych, określonych wg 13.4.2.3 lub 13.5.2.1. Na górnych i dolnych końcach usztywnień cokołu należy zastosować węzłówki. Wewnątrz cokołu należy zastosować przegrody, usytuowane w płaszczyznach wzdłużnych wiązarów przewiązki międzylukowej i efektywnie z nimi połączone. Wiazary wzdłużne powinny być połączone z poprzecznymi zrębnicami łuków w celu zapewnienia efektywnego podparcia grodzi falistej. W przegrodach i węzłówkach nie należy stosować skalopsów w rejonie połączenia z dolną płytą cokołu.

c) Rozmieszczenie elementów konstrukcji i szczegóły konstrukcyjne

Jeśli nie zastosowano górnego cokołu grodzi, to w konstrukcji pokładu należy zastosować dwie poprzeczne wzmocnione belki w płaszczyznach mocników fal.

Jeśli nie zastosowano dolnego cokołu grodzi, to mocniki fal powinny być usytuowane w płaszczyznach denników podpierających fale grodzi.

Fale grodzi należy łączyć z poszyciem dna wewnętrznego za pomocą spawania z pełnym przetopem. Denniki podpierające gródz należy łączyć z poszyciem dna wewnętrznego za pomocą spawania z pełnym przetopem lub z niepełnym przetopem, spełniając wymagania podane na rys. 20.7.4.1-2. Grubość i wytrzymałość materiału denników podpierających fale grodzi nie powinny być mniejsze od grubości i wytrzymałości materiału fal grodzi. Ponadto, wycięcia w dennikach potrzebne dla wzdłużnych usztywnień dna wewnętrznego, muszą zostać zaślepione przy użyciu płyt nakładkowych. Denniki podpierające gródz powinny być połączone ze sobą za pomocą płyt o konstrukcji zatwierdzonej przez PRS.

Górne krawędzie płyt bocznego poszycia cokołu powinny być usytuowane w płaszczyźnie mocników fal. Pionowe usztywnienia ścian cokołu dolnego oraz ich węzłówki powinny być usytuowane w płaszczyznach wzdłużnych usztywnień dna wewnętrznego, aby zapewnić właściwą dystrybucję obciążeń. Boczne poszycie cokołu nie może być załamane w żadnym miejscu pomiędzy poszyciem dna wewnętrznego a szczytem cokołu.

20.7.4.2 Wytrzymałość na zginanie i naprężenia styczne τ

Fala grodzi jest wystarczająco wytrzymała na zginanie, jeżeli jest spełniony warunek:

$$10^3 \frac{M}{0,5Z_{le}\sigma_{a,le} + Z_m\sigma_{a,m}} \leq 0,95 \quad (20.7.4.2-1)$$

M – moment zginający [kNm], obliczony wg 20.7.3.1;

Z_{le} – wskaźnik wytrzymałości przekroju pojedynczej fali grodzi o szerokości s_1 (rys. 20.7.2.3-1), [cm³], w dolnym końcu, obliczony wg 20.7.4.3;

Z_m – wskaźnik wytrzymałości przekroju pojedynczej fali grodzi o szerokości jw. [cm³] w połowie rozpiętości fali, obliczony wg 20.7.4.4;

$\sigma_{a,le}$ – naprężenia dopuszczalne dla dolnego końca fali [MPa], ustalone wg 20.7.4.5;

$\sigma_{a,m}$ – naprężenia dopuszczalne dla środkowej części fali [MPa], ustalone wg 20.7.4.5.

Wartość Z_m zastosowana przy sprawdzaniu kryterium wytrzymałości fal na zginanie nie może być większa niż mniejsza wartość liczbowa spośród $1,15Z_{le}$ i $1,15Z'_{le}$, gdzie Z'_{le} – jak zdefiniowano niżej.

W przypadku zastosowania płyt usypowych, które:

- nie mają załamań,
- są przyspawane do fal i górnej płyty cokołu jednostronnie z pełnym przetopem lub w sposób równoważny,
- są zamocowane pod kątem nachylenia co najmniej 45°, a ich dolna krawędź pozostaje w jednej linii z poszyciem cokołu,
- mają grubość nie mniejszą niż 75% grubości mocnika fali,
- są wykonane z materiału o wytrzymałości nie mniejszej niż wytrzymałość materiału mocników fal

lub zastosowano płyty czołowe, które:

- u góry są zakończone płytami usypowymi, których grubość, wytrzymałość materiału i połączenia spawane spełniają identyczne wymagania jak podane wyżej,
- mają wysokość nie mniejszą niż połowa szerokości mocnika fali,
- ich dolne krawędzie są usytuowane w linii z górną krawędzią płyt poszycia cokołu,
- są generalnie przyspawane do płyty górnej dolnego cokołu z pełnym przetopem, a do fal i płyt usypowych jednostronnie z pełnym przetopem lub w sposób równorzędny,
- mają grubość i wytrzymałość materiału nie mniejsze niż grubość i wytrzymałość materiału mocników fali

za wskaźnik przekroju Z_{le} należy przyjąć wartość nie większą niż wartość Z'_{le} obliczoną wg wzoru:

$$Z'_{le} = Z_g + 10^3 \frac{Q h_g^{-0,5} h_g^2 s_1 p_g}{\sigma_a} \quad [\text{cm}^3] \quad (20.7.4.2-2)$$

Z_g – wskaźnik wytrzymałości przekroju pojedynczej fali grodzi o szerokości s_1 (rys. 20.7.2.3-1) $[\text{cm}^3]$ obliczony wg 20.7.4.4 w rejonie górnych końców płyt usypowych lub czołowych;

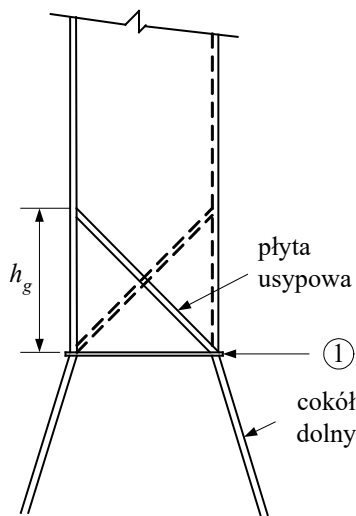
Q – siła ścinająca $[\text{kN}]$ obliczona wg 20.7.3.2;

h_g – wysokość $[\text{m}]$ odpowiednio – płyt usypowych lub czołowych (patrz rys. 20.7.4.2-1 do 20.7.4.2-4);

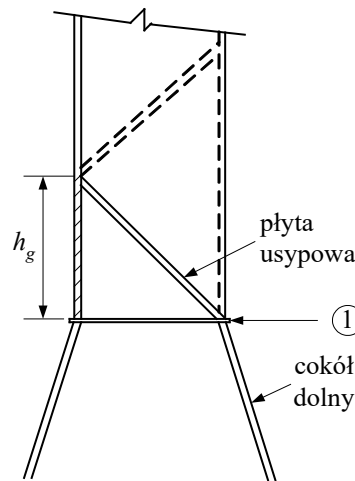
s_1 – jak w 20.7.2.3;

p_g – ciśnienie wypadkowe $[\text{kN}/\text{m}^2]$ określone wg 20.7.2.5 na poziomie środka, odpowiednio – płyt usypowych lub czołowych;

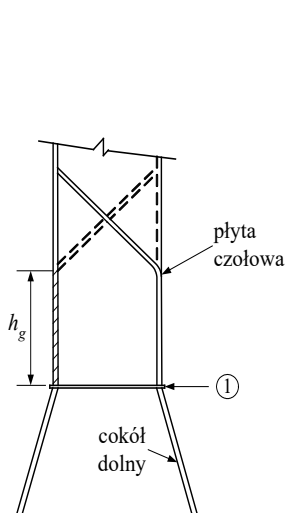
σ_a – naprężenia dopuszczalne $[\text{MPa}]$ ustalone wg 20.7.4.5.



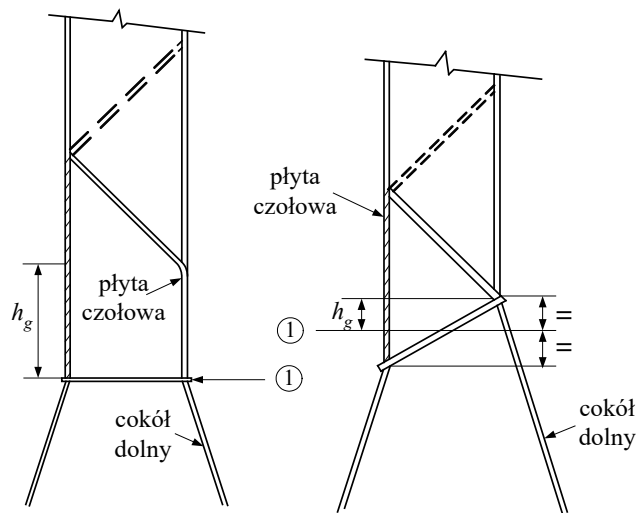
Rys. 20.7.4.2-1.
Symetryczne płyty usypowe



Rys. 20.7.4.2-2.
Asymetryczne płyty usypowe



Rys. 20.7.4.2-3.
Symetryczne płyty czołowe/usypowe



Rys. 20.7.4.2-4.
Asymetryczne płyty czołowe/usypowe

Naprężenia τ należy obliczać dzieląc wartość Q siły ścinającej przez pole na ścinanie średnika fali grodzi. Obliczając pole na ścinanie należy uwzględnić możliwą nieprostokątność płyt średnika

i mocników fal. W tym celu pole poprzecznego przekroju środника fali można pomnożyć przez $\sin \Phi$ (Φ – kąt pomiędzy płaszczyznami środnika i mocników pokazany na rys. 20.7.2.3-1). Przy obliczaniu wskaźnika wytrzymałości przekroju fali i pola na ścinanie należy stosować grubości netto.

Wskaźnik wytrzymałości przekroju fali grodzi należy obliczać na podstawie wymagań podanych w 20.7.4.3 i 20.7.4.4.

20.7.4.3 Wskaźnik wytrzymałości przekroju na dolnym końcu fali grodzi

Wskaźnik wytrzymałości przekroju fali należy obliczać z uwzględnieniem efektywnej szerokości, b_{ef} , mocnika ściskanego o wartości nie większej niż podano w 20.7.4.6.

Jeżeli dolne części środników fal nie są podparte węzłówkami poniżej górnej płyty cokołu (lub poniżej dna wewnętrznego), to wskaźnik wytrzymałości przekrojów fal należy obliczać zakładając 30% efektywność środników fal.

- a) Jeśli zastosowano efektywne płyty usypowe o konstrukcji zdefiniowanej w 20.7.4.2 (patrz rys. 20.7.4.2-1 i 20.7.4.2-2), to podczas obliczania wskaźnika przekroju fali na dolnym końcu (przekrój ^① na ww. rys.), powierzchnię przekroju mocników, [cm²], można zwiększyć o:

$$2,5a\sqrt{t_f t_{sh}} \quad (\text{jednak nie więcej niż } 2,5at_f)$$

a – szerokość, [m], mocnika fali (patrz rys. 20.7.2.3-1);

t_{sh} – grubość netto płyty usypowej [mm];

t_f – grubość netto mocnika [mm].

- b) Jeśli zastosowano efektywne płyty czołowe zdefiniowane w 20.7.4.2 (patrz rys. 20.7.4.2-3 i 20.7.4.2-4), to podczas obliczania wskaźnika przekroju fali na dolnym końcu (przekrój ^① na ww. rys.) powierzchnię przekroju płyt mocników, [cm²], można zwiększyć o $7h_g t_f$, gdzie:

h_g – wysokość płyty czołowej [m], patrz rys. 20.7.4.2-3 i 20.7.4.2-4; zastosowana w obliczeniach wartość h_g nie może jednak być większa niż:

$$\left(\frac{10}{7} s_{gu}\right)$$

s_{gu} – szerokość płyt czołowych [m],

t_f – grubość netto mocnika [mm], odpowiadająca zastosowanej grubości projektowej.

- c) Jeśli środniki profili są przyspawane do pochylej płyty górnej cokołu, ustawionej pod kątem nie mniejszym niż 45° do płaszczyzny poziomej, to wskaźnik wytrzymałości przekroju fali może być obliczony przy zastosowaniu całkowicie efektywnych środników. Jeśli zastosowano efektywne płyty czołowe, to przy obliczaniu wskaźnika wytrzymałości przekroju poprzecznego fali powierzchnie przekroju płyt mocników mogą być zwiększone jak podano w b) powyżej. W przypadku zastosowania tylko płyt usypowych nie wolno stosować żadnych ulg.

Jeśli kąt jest mniejszy niż 45°, efektywność środnika można uzyskać stosując interpolację liniową pomiędzy wartościami 30% i 100%, odpowiadającymi kątom pochylenia 0° i 45°.

20.7.4.4 Wskaźnik wytrzymałości przekroju fali w przekrojach poprzecznych innych niż na dolnym końcu

Wskaźnik wytrzymałości przekroju należy obliczać uznając środniki fal za całkowicie efektywne. Zastosowana wartość b_{ef} efektywnej szerokości mocnika ściskanego nie powinna być większa od określonej w 20.7.4.6.1.

20.7.4.5 Naprężenia dopuszczalne

Wartości naprężeń normalnych σ i stycznych τ nie mogą być większe od wartości dopuszczalnych σ_a i τ_a [MPa]:

$$\sigma_a = R_e \quad (20.7.4.5-1)$$

$$\tau_a = 0,5R_e \quad (20.7.4.5-2)$$

R_e – granica plastyczności materiału [MPa].

20.7.4.6 Efektywna szerokość mocnika i kryterium stateczności przy ścinaniu

20.7.4.6.1 Efektywna szerokość ściskanego mocnika fali

Efektywną szerokość b_{ef} [m] mocnika fali należy obliczać wg wzoru:

$$b_{ef} = C_e a \quad (20.7.4.6.1)$$

$$C_e = \frac{2,25}{\beta} - \frac{1,25}{\beta^2} \quad \text{dla } \beta > 1,25;$$

$$C_e = 1,0 \quad \text{dla } \beta > 1,25;$$

$$\beta = 10^3 \cdot \frac{a}{t_f} \sqrt{\frac{R_e}{E}};$$

t_f – grubość netto mocnika [mm];

a – szerokość [m] mocnika fali (patrz rys. 20.7.2.3-1);

R_e – granica plastyczności materiału [MPa];

E – moduł sprężystości podłużnej (moduł Younga) [MPa]; dla stali należy przyjmować:

$$E = 2,06 \cdot 10^5 \text{ MPa.}$$

20.7.4.6.2 Ścinanie

Sprawdzenie kryterium stateczności należy przeprowadzić dla płyt środnika w końcowych rejonach fali.

Naprężenia styczne τ nie mogą być większe od wartości krytycznej τ_c [MPa] obliczanej wg wzorów:

$$\tau_c = \tau_E, \quad \text{gdy } \tau_E \leq \frac{\tau_F}{2} \quad (20.7.4.6.2-1)$$

$$\tau_c = \tau_E \left(1 - \frac{\tau_F}{4\tau_E}\right), \quad \text{gdy } \tau_E > \frac{\tau_F}{2} \quad (20.7.4.6.2-2)$$

$$\tau_F = \frac{R_e}{\sqrt{3}}$$

gdzie:

R_e – granica plastyczności materiału [MPa];

$$\tau_E = 0,9k_t E \left(\frac{t}{1000c}\right)^2 \text{ [MPa]} \quad (20.7.4.6.2-3)$$

$k_t = 6,34$;

E – moduł Younga określony w 20.7.4.6.1;

t – grubość netto [mm] środnika fali;

c – szerokość [m] środnika fali (patrz rys. 20.7.2.3-1).

20.7.4.7 Grubość netto fal wynikająca ze zginania lokalnego

Grubość netto fal grodzi t nie powinna być mniejsza niż:

$$t = 14,9s_w \sqrt{\frac{1,05p}{R_e}} \text{ [mm]} \quad (20.7.4.7-1)$$

s_w – szerokość płyty [m] równa większej wartości spośród szerokości mocnika i średnika fali (patrz rys. 20.7.2.3-1);

p – ciśnienie wypadkowe [kPa], określone wg 20.7.2.5, u dołu każdego pasa poszycia fal grodzi; grubość netto najniższego pasa poszycia ma być określona przy zastosowaniu ciśnienia wypadkowego na poziomie wierzchołka dolnego cokołu lub dna wewnętrznego, jeśli nie zastosowano dolnego cokołu, lub na poziomie wierzchołków płyt usypowych, jeśli zastosowano płyty czołowe/usypowe;

R_e – granica plastyczności materiału [MPa].

W przypadku fal grodzi, gdzie grubości mocników i średników różnią się, grubość netto poszycia węższej płyty t_n nie może być mniejsza niż grubość obliczona wg wzoru:

$$t_n = 14,9s_n \sqrt{\frac{1,05p}{R_e}} \quad [\text{mm}] \quad (20.7.4.7-2)$$

s_n – szerokość węższej płyty poszycia [m] (średnika albo mocnika).

Wartość grubości netto szerszej płyty poszycia t_w nie może być mniejsza niż większa z wartości obliczonych wg wzorów:

$$t_w = 14,9s_w \sqrt{\frac{1,05p}{R_e}} \quad [\text{mm}] \quad (20.7.4.7-3)$$

$$t_w = \sqrt{\frac{440s_w^2 \cdot 1,05p}{R_e}} - t_{np}^2 \quad [\text{mm}] \quad (20.7.4.7-4)$$

t_{np} – wartość nie większa od faktycznej grubości netto węższej płyty poszycia, nie większa jednak niż $14,9s_w \sqrt{\frac{1,05p}{R_e}}$.

20.7.5 Szczegóły konstrukcyjne

Szczegółowe rozwiązania konstrukcyjne, zastosowane w celu przeniesienia obciążenia grodzi (reakcje w formie sił i momentów) na sąsiadujące z nią rejony kadłuba, powinny spełniać odpowiednie wymagania niniejszej części *Przepisów*. Dotyczy to w szczególności dna podwójnego i przewiązek międzylukowych.

W szczególności grubości blach i sposób usztywnienia efektywnych płyt czołowych i usypowych zdefiniowanych w 20.7.4.3 powinny spełniać wymagania podrozdziału 9.4 przy zastosowaniu obciążeń wyznaczonych wg 20.7.2 i naprężeń dopuszczalnych określonych wg 13.4.2.3 lub 13.5.2.1.

Jeśli nie postanowiono inaczej, połączenia spawane i materiały powinny spełniać odpowiednie wymagania niniejszej części *Przepisów* (rozdz. 2 i 4).

20.7.6 Naddatek korozyjny i warunki wymiany elementów konstrukcji

Wartość naddatku korozyjnego t_k powinna wynosić 3,5 mm. Wymiana elementu konstrukcji jest konieczna, gdy zmierzona grubość wynosi mniej niż $t_{net} + 0,5$ mm.

Jeśli zmierzona grubość zawiera się w przedziale między $t_{net} + 0,5$ mm a $t_{net} + 1,0$ mm, to jako rozwiązanie alternatywne można zastosować powłokę ochronną (zgodnie z wymaganiami producenta) lub coroczne pomiary grubości.

20.8 Obliczenie dopuszczalnej masy ładunku w zalanej ładowni

20.8.1 Zastosowanie i objaśnienia

20.8.1.1 Masowce o długości $L_0 \geq 150$ m, z burtą pojedynczą lub podwójną¹, przeznaczone do przewozu stałych ładunków masowych o gęstości $1,0 \text{ t/m}^3$ lub większej, zakontraktowane do budowy po 1 lipca 2006 r., powinny spełniać podane niżej wymagania z uwzględnieniem zalania dowolnej ładowni:

- masa ładunku w żadnej ładowni nie może przekraczać wartości dopuszczalnej, obliczonej z uwzględnieniem zatopienia wg 20.8.4. W obliczeniach należy zastosować obciążenie zdefiniowane w 20.8.2 i wytrzymałość na ścinanie dna podwójnego, wyznaczoną wg 20.8.3;
- w żadnym przypadku przyjęte dopuszczalne obciążenie ładowni, z uwzględnieniem jej zalewania, nie może być większe od obciążenia projektowego, ustalonego dla warunków normalnej eksploatacji statku (w stanie nieuszkodzonym).

20.8.2 Obciążenie

20.8.2.1 Zasady ogólne

Obciążenie dna podwójnego w ładowni jest superpozycją obciążenia działającego od zewnątrz w formie ciśnienia wody morskiej i obciążenia od wewnątrz – od ciężaru ładunku i ciężaru wody, która zalała ładownię.

Należy uwzględnić najbardziej niekorzystne kombinacje obciążenia od ciężaru ładunku i wody, która zalała ładownię – w stanach załadowania statku pokazanych w *Informacji o stateczności i wytrzymałości statku*:

- stany załadowania równomiernego,
- stany załadowania nierównomiernego,
- ładunki inne niż masowe (np. wyroby hutnicze itp.).

W każdym z uwzględnianych stanów załadowania należy zastosować maksymalną gęstość ładunku masowego, który może przewozić statek.

20.8.2.2 Wysokość słupa wody po zalaniu ładowni

Wysokość słupa wody h_f (patrz rys. 20.8.2.2) to odległość wyrażona w metrach, mierzona pionowo na statku wyprostowanym od dna wewnętrznego do poziomu znajdującego się w odległości d_f , wyrażonej w metrach, od płaszczyzny podstawowej równej:

a) generalnie:

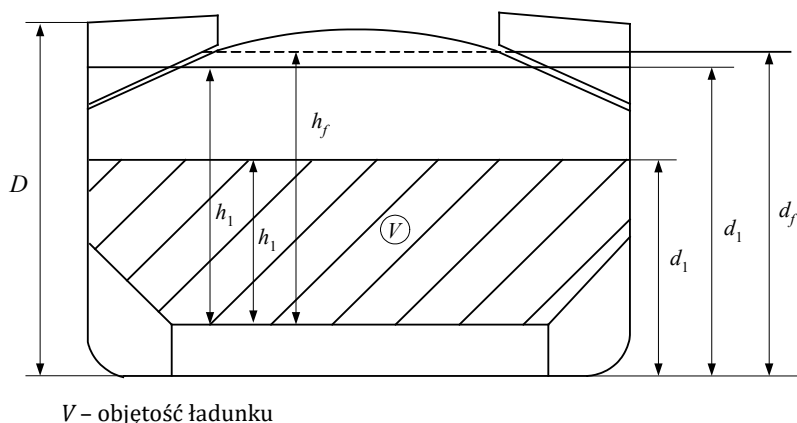
- D – dla ładowni nr 1 (najbliższej pionu dziobowego),
- $0,9D$ – dla pozostałych ładowni;

b) dla statków o nośności mniejszej niż 50 000 ton z wolną burtą typu B:

- $0,95D$ – dla ładowni nr 1 (najbliższej pionu dziobowego),
- $0,85D$ – dla pozostałych ładowni.

D – odległość, wyrażona w metrach, od płaszczyzny podstawowej do pokładu wolnej burty, przy burcie, w płaszczyźnie owręza (patrz rys. 20.8.2.2).

¹ Skonstruowaną w ten sposób, że każda część grodzi wzdłużnej znajduje się w obrębie B/5 lub 11,5 m (w zależności od tego, która wartość jest mniejsza), mierząc od burty statku do wnętrza statku, prostopadle do płaszczyzny symetrii, na wysokości odpowiadającej letniej wodnicy ładunkowej.



V - objętość ładunku

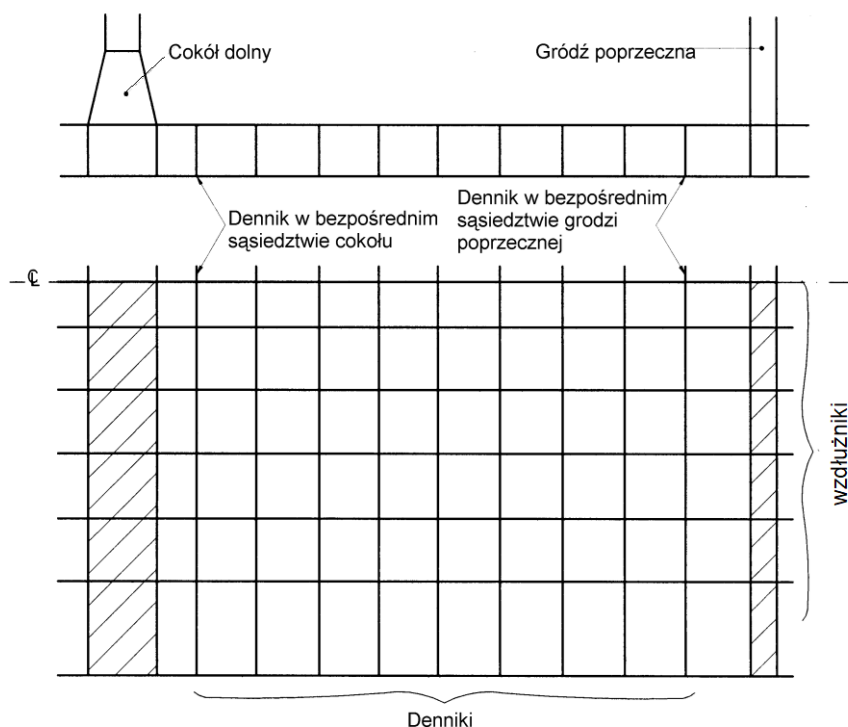
Rys. 20.8.2.2

20.8.3 Wytrzymałość dna podwójnego na ścinanie

Wytrzymałość na ścinanie dna podwójnego jest sumą wytrzymałości na ścinanie na końcach takich elementów konstrukcji, jak:

- wszystkie denniki przylegające do obu zbiorników obłowych (w przypadku skrajnych denników w ładowni leżących w bezpośrednim sąsiedztwie cokołu grodzi lub grodzi poprzecznych, jeśli nie zastosowano cokołów, należy uwzględnić połowę ich wytrzymałości na ścinanie - patrz rys. 20.8.3);
- wszystkie wzdłużniki dna podwójnego przylegające do cokołów grodzi lub grodzi poprzecznych, jeśli nie zastosowano cokołów.

W ładowniach skrajnych wzdłużniki lub denniki mogą być połączone z cokołem grodzi (albo z grodzią) lub zbiornikiem obłowym tylko na jednym końcu. W takiej sytuacji wytrzymałość na ścinanie należy obliczać tylko dla jednego przekroju poprzecznego.



- Rys. 20.8.3

Należy uwzględnić tylko te denniki i wzdłużniki, które znajdują się wewnątrz granic ładowni wyznaczonych przez zbiorniki obłowe i cokoły (lub grodzie poprzeczne, jeśli nie zastosowano cokołów). Wzdłużniki boczne zbiorników obłowych i denniki usytuowane bezpośrednio poniżej cokołów grodzi (lub grodzi poprzecznych, jeśli nie zastosowano cokołów) nie powinny być uwzględniane.

Kiedy geometria i/lub konstrukcja dna podwójnego uniemożliwiają wykonanie obliczeń wg powyższych założeń, wytrzymałość na ścinanie dna podwójnego podlega odrębnemu rozpatrzeniu przez PRS.

Przy obliczaniu wytrzymałości na ścinanie należy stosować grubość netto denników i wzdłużników. Grubość netto t_{net} [mm] wynosi:

$$t_{net} = t - 2,5 \quad (20.8.3)$$

t – projektowe grubości [mm] denników i wzdłużników.

20.8.3.1 Wytrzymałość denników na ścinanie

Wytrzymałość na ścinanie płyt denników przylegających bezpośrednio do zbiorników obłowych, S_{f1} , oraz wytrzymałość na ścinanie płyt denników z otworami (skrajne otwory w denniku, w sąsiedztwie zbiorników obłowych), S_{f2} , należy obliczać wg wzorów:

$$S_{f1} = 10^{-3} A_f \frac{\tau_a}{\eta_1} \text{ [kN]} \quad (20.8.3.1-1)$$

$$S_{f2} = 10^{-3} A_{f,h} \frac{\tau_a}{\eta_2} \quad S_{f2} = 10^{-3} A_{f,h} \frac{\tau_a}{\eta_2} \text{ [kN]} \quad (20.8.3.1-2)$$

A_f – powierzchnia przekroju poprzecznego [mm²] płyty dennika przylegającego do zbiornika obłowego;

$A_{f,h}$ – powierzchnia przekroju netto [mm²] płyty dennika z otworem w skrajnej przestrzeni między wzdłużnikami (tzn. w bezpośrednim sąsiedztwie zbiornika obłowego);

τ_a – dopuszczalna wartość naprężeń stycznych [MPa] równa mniejszej z następujących dwóch:

$$\tau_a = \frac{162R_e^{0,6}}{(s/t_{net})^{0,8}} \quad \text{i} \quad \frac{R_e}{\sqrt{3}} \quad (20.8.3.1-3)$$

Dla denników przylegających do cokołów lub grodzi poprzecznych, pokazanych na rys. 20.8.3, τ_a może wynosić $R_e/\sqrt{3}$.

R_e – granica plastyczności materiału [MPa];

s – odległość pomiędzy elementami usztywniającymi rozpatrywanej płyty dennika [mm];

η_1 – 1,10;

η_2 – 1,20; η_2 za zgodą PRS może być obniżone do 1,10, jeżeli zastosowano odpowiednie wzmocnienia dennika.

20.8.3.2 Wytrzymałość wzdłużników dna podwójnego na ścinanie

Wytrzymałość na ścinanie płyt wzdłużników w rejonach przylegających do cokołów (lub grodzi poprzecznych, jeśli nie zastosowano cokołów) S_{g1} oraz wytrzymałość na ścinanie wzdłużników w przekrojach, gdzie usytuowane są największe otwory w skrajnych przęsłach pomiędzy dennikami (tzn. najbliższych cokołu lub grodzi poprzecznej, jeśli nie zastosowano cokołu) S_{g2} należy obliczać wg wzorów:

$$S_{g1} = 10^{-3} A_g \frac{\tau_a}{\eta_1} \text{ [kN]} \quad (20.8.3.2-1)$$

$$S_{g2} = 10^{-3} A_{g,h} \frac{\tau_a}{\eta_2} \text{ [kN]} \quad (20.8.3.2-2)$$

A_g – minimalna powierzchnia przekroju [mm²] płyty wzdłużnika przylegającej do cokołu (lub grodzi poprzecznej, jeśli nie zastosowano cokołu);

$A_{g,h}$ – efektywna powierzchnia przekroju netto [mm²] płyty wzdłużnika w rejonie największego otworu w przęśle pomiędzy dennikami najbliższym cokołu lub grodzi poprzecznej, jeśli nie zastosowano cokołu;

τ_a – dopuszczalna wartość naprężeń stycznych [MPa] wyznaczona wg 20.8.3.1;

η_1 – 1,10;

η_2 – 1,15; η_2 za zgodą PRS może być obniżone do 1,10, jeżeli zastosowano odpowiednie wzmocnienia wzdłużnika.

20.8.4 Dopuszczalna masa ładunku w ładowni

Dopuszczalną masę ładunku w ładowni W należy obliczać wg wzoru:

$$W = \rho_c V \frac{1}{F} \quad [t] \quad (20.8.4-1)$$

gdzie:

F = 1,1 – ogólnie,

1,05 – dla wyrobów hutniczych;

ρ_c – gęstość ładunku [t/m³] dla ładunków masowych, ustalona wg 20.8.2.1; dla wyrobów hutniczych ρ_c należy przyjmować jako gęstość właściwą stali;

V – objętość [m³] ładunku sięgającego do poziomu h_1 (rys. 20.8.2.2);

$$h_1 = \frac{X}{\rho_c g} \quad (20.8.4-2)$$

X – dla ładunków masowych należy przyjąć mniejszą wartość spośród X_1 i X_2 , obliczanych wg wzorów:

$$X_1 = \frac{Z + \rho g (E - h_f)}{1 + \frac{\rho}{\rho_c} (\text{perm} - 1)} \quad (20.8.4-3)$$

$$X_2 = Z + \rho g (E - h_f \text{perm}) \quad (20.8.4-4)$$

X – dla wyrobów hutniczych X można przyjąć jako X_1 , stosując $\text{perm} = 0$;

ρ – gęstość wody morskiej [t/m³];

g = 9,81 m/s² – przyspieszenie ziemskie;

E – zanurzenie statku [m] w stanie zalania ładowni równe $d_f - 0,1D$;

d_f, D – jak w 20.8.2.2;

h_f – wysokość słupa wody w zalanej ładowni określona wg 20.8.2.2 [m];

perm – współczynnik zalania ładunku (iloraz objętości pustej przestrzeni pomiędzy cząstkami ładunku do objętości wypełnionej ładunkiem masowym); przyjęta do obliczeń wartość nie musi być większa niż 0,3;

Z – mniejsza wartość spośród Z_1 i Z_2 , obliczanych wg wzorów:

$$Z_1 = \frac{C_h}{A_{DB,h}} \quad (20.8.4-5)$$

$$Z_2 = \frac{C_e}{A_{DB,e}} \quad (20.8.4-6)$$

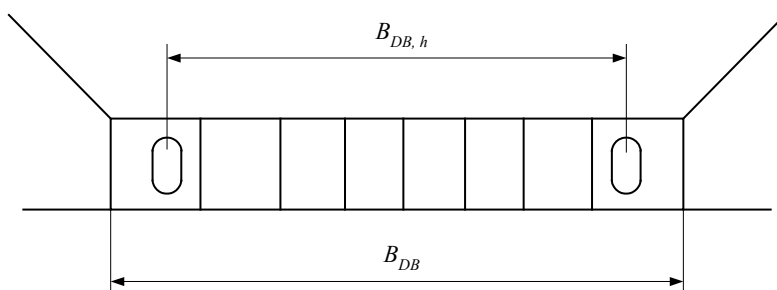
C_h – wytrzymałość na ścinanie dna podwójnego [kN] obliczona wg 20.8.3, przyjmując dla każdego dennika mniejszą wartość wytrzymałości na ścinanie spośród S_{f1} i S_{f2} (patrz 20.8.3.1), a dla każdego wzdłużnika – mniejszą wartość wytrzymałości na ścinanie spośród S_{g1} i S_{g2} (patrz 20.8.3.2);

C_e – wytrzymałość na ścinanie dna podwójnego [kN] obliczona wg 20.8.3, przyjmując dla każdego dennika wartość S_{f1} wytrzymałości na ścinanie (patrz 20.8.3.1), a dla każdego wzdłużnika – mniejszą wartość wytrzymałości na ścinanie spośród S_{g1} i S_{g2} (patrz 20.8.3.2),

$$A_{DB,h} = \sum_{i=1}^{i=n} S_i B_{DB,i} \quad (20.8.4-7)$$

$$A_{DB,e} = \sum_{i=1}^{i=n} S_i (B_{DB} - s_1) \quad (20.8.4-8)$$

- n – liczba denników pomiędzy cokołami (lub grodziami poprzecznymi, jeśli nie zastosowano cokołów);
- S_i – szerokość pasa dna podwójnego podpierana przez i -ty dennik [m];
- $B_{DB,i} = B_{DB} - s_1$ dla denników, których wytrzymałość na ścinanie wynosi S_{f1} (patrz 20.8.3.1);
- $B_{DB,i} = B_{DB,h}$ dla denników, których wytrzymałość na ścinanie wynosi S_{f2} (patrz 20.8.3.1);
- B_{DB} – szerokość dna podwójnego, w metrach, pomiędzy zbiornikami obłowymi (patrz rys. 20.8.4);
- $B_{DB,h}$ – odległość, w metrach, pomiędzy dwoma branymi pod uwagę otworami przy obliczaniu S_{f2} (patrz rys. 20.8.4);
- s_1 – odległość, w metrach, pomiędzy wzdłużnymi usztywnieniami dna podwójnego leżącymi w bezpośrednim sąsiedztwie zbiorników obłowych.



Rys. 20.8.4

20.9 Projektowe stany załadowania i odpowiadające im dodatkowe informacje opisowe

20.9.1 Zastosowanie

20.9.1.1 Niniejsze wymagania mają zastosowanie do masowców określonych w podrozdziale 20.1.2, o długości $L_0 \geq 150$ m.

20.9.1.2 Wyszczególnione w podrozdziale 20.9.3 stany załadowania należy zastosować do sprawdzenia, czy statek spełnia zawarte w *Przepisach* kryteria dotyczące wytrzymałości wzdłużnej¹, wytrzymałości miejscowej, pojemności i rozmieszczenia zbiorników balastowych oraz stateczności. Stany załadowania wyszczególnione w podrozdziale 20.9.4 należy zastosować do sprawdzenia, czy statek spełnia zawarte w *Przepisach* kryteria dotyczące wytrzymałości miejscowej.

20.9.1.3 Przy stosowaniu stanów załadowania podanych w niniejszym podrozdziale, jako maksymalne zanurzenie należy przyjąć zanurzenie do letniej wodnicy ładunkowej.

20.9.1.4 Niniejsze wymagania nie wykluczają uwzględnienia innych stanów załadowania, które powinny być uwzględnione w *Instrukcji kontroli obciążenia statku*, zgodnie z wymaganiami rozdziału 15. Celem niniejszych wymagań nie jest również zastąpienie w jakikolwiek sposób wymaganej *Instrukcji kontroli obciążenia statku* czy też kalkulatora ładunkowego.

¹ Zgodnie z wymaganiami rozdziału 15 i podrozdziału 20.6.

20.9.1.5 Masowiec może w trakcie eksploatacji być ładowany w sposób różniący się od projektowych stanów załadowania wyszczególnionych w *Instrukcji kontroli obciążenia statku*, o ile nie zostaną przekroczone ograniczenia dotyczące wytrzymałości wzdłużnej i miejscowej, określone w tej *Instrukcji* oraz w kalkulatorze ładunkowym znajdującym się na statku, a także ograniczenia dotyczące mających zastosowanie wymagań statecznościowych.

20.9.2 Dodatkowe informacje opisowe

20.9.2.1 Dla szczegółowego określenia ograniczeń eksploatacyjnych, wynikających z przyjętych projektowych stanów załadowania, w *Świadectwie klasy* statku zamieszcza się następujące dodatkowe informacje opisowe:

- {maksymalna dopuszczalna gęstość ładunku x,y [t/m³]} – w przypadku gdy maksymalna dopuszczalna gęstość ładunku jest mniejsza niż 3,0 t/m³ ;
- „no MP”, jeżeli statek nie został zaprojektowany do operacji przeładunkowych w kilku portach zgodnie z postanowieniami punktu 20.9.4.3;
- {ładownie a, b, mogą być puste} – wyspecyfikowane dozwolone kombinacje pustych ładowni.

20.9.2.2 Dodatkowe oznaczenia i uwagi

W świadectwie klasy należy zamieścić następujące dodatkowe oznaczenia oraz uwagi, które podają szczegółowe opisy ograniczeń, które powinny być przestrzegane w czasie eksploatacji przy zastosowanym projektowym stanie załadowania:

.1 dodatkowe oznaczenia:

- {maksymalna dopuszczalna gęstość ładunku [t/m³]} dla znaków **BC-A** oraz **BC-B** , w przypadku gdy maksymalna gęstość ładunku jest mniejsza niż 3,0 t/m³;
- {no MP} dla wszystkich znaków, jeżeli statek nie został zaprojektowany do operacji przeładunkowych w kilku portach zgodnie z postanowieniami 20.9.4.3.

.2 uwagi:

- {dozwolona kombinacja oznaczonych pustych ładowni} dla znaku **BC-A**.

20.9.3 Projektowe stany balastowe i załadowania (wymagania ogólne)

20.9.3.1 Stany balastowe

20.9.3.1.1 Pojemność zbiorników balastowych i ich rozmieszczenie

Wszystkie masowce powinny mieć zbiorniki balastowe o wystarczającej pojemności i tak rozmieszczone, aby spełnione były poniższe wymagania.

Stan balastowy lekki

W podrozdziale 20.9 przyjęto następujące określenie stanu balastowego lekkiego: stanem balastowym lekkim jest stan balastowy (bez ładunku), w którym:

- .1 zbiorniki balastowe mogą być całkowicie zapełnione, częściowo zapełnione lub puste. W przypadku zbiorników częściowo zapełnionych powinny być spełnione warunki zawarte w punkcie 15.4.1.1;
- .2 wszystkie ładownie, włączając ładownie przystosowane do przewozu balastu wodnego w czasie rejsu, są puste,
- .3 śruba napędowa jest całkowicie zanurzona, oraz
- .4 występuje przegłębienie rufowe, które nie powinno przekraczać $0,015L_{pp}$, gdzie L_{pp} jest długością statku między pionami.

Przy ocenie zanurzenia śruby napędowej i przegłębienia statku można wykorzystać wielkości zanurzeń na pionie dziobowym i rufowym.

Stan balastowy ciężki

W podrozdziale 20.9 przyjęto następujące określenie stanu balastowego ciężkiego: stanem balastowym ciężkim jest stan balastowy (bez ładunku), w którym:

- .1 zbiorniki balastowe mogą być całkowicie zapełnione, częściowo zapełnione lub puste. W przypadku zbiorników częściowo zapełnionych powinny być spełnione warunki zawarte w punkcie 15.4.1.1;
- .2 co najmniej jedna ładownia przystosowana do przewozu balastu wodnego w czasie rejsu – jeśli jest przewidziana – jest całkowicie zapełniona;
- .3 zanurzenie śruby napędowej I/D wynosi co najmniej 60%, gdzie:
 I = odległość od osi śruby do wodnicy pływania,
 D = średnica śruby, oraz
- .4 przegłębienie powinno być na rufę i nie powinno przekraczać $0,015L_{pp}$, gdzie L_{pp} jest długością statku między pionami;
- .5 zanurzenie na dziobie jest nie mniejsze niż mniejsza z dwóch wartości: $0,03L_0$ lub 8 m.

20.9.3.1.2 Wymagania wytrzymałościowe

Wszystkie masowce powinny spełniać następujące wymagania wytrzymałościowe:

Stan balastowy lekki

- .1 konstrukcja dna w części dziobowej powinna być wzmocniona, zgodnie z wymaganiami *Przepisów*, ze względu na obciążenia udarowe. Przy określaniu powyższych wzmocnień należy brać pod uwagę najmniejsze zanurzenie dziobowe statku,
- .2 wymagania dotyczące wytrzymałości wzdłużnej powinny być spełnione dla stanu balastowego lekkiego określonego w punkcie 20.9.3.1.1 oraz dodatkowo
- .3 wymagania dotyczące wytrzymałości wzdłużnej powinny być spełnione dla stanu ze wszystkimi zbiornikami balastowymi całkowicie zapełnionymi.

Stan balastowy ciężki

- .1 wymagania dotyczące wytrzymałości wzdłużnej powinny być spełnione dla stanu balastowego ciężkiego, określonego w punkcie 20.9.3.1.1,
- .2 dodatkowo, wymagania dotyczące wytrzymałości wzdłużnej powinny być spełnione przy całkowicie zapełnionych wszystkich zbiornikach balastowych i jednej całkowicie zapełnionej ładowni przystosowanej i przeznaczonej do przewozu balastu wodnego, jeśli taka ładownia występuje, oraz
- .3 w przypadku gdy więcej niż jedna ładownia jest przystosowana i przeznaczona do przewozu balastu wodnego, przy ocenie wytrzymałości wzdłużnej nie wymaga się, aby dwie lub więcej ładowni było równocześnie całkowicie zapełnionych, chyba że taki stan jest przewidywany w stanie balastowym ciężkim. Jeśli poszczególne ładownie nie są rozpatrywane oddzielnie, to w *Instrukcji kontroli obciążenia statku* powinna być wyznaczona ładownia przeznaczona do przewozu balastu ciężkiego, jak również powinny być podane wszelkie ograniczenia dotyczące użycia innych ładowni balastowych.

20.9.3.2 Stany załadowania przy wejściu do portu i wyjściu z portu

O ile nie postanowiono inaczej, każdy projektowy stan załadowania należy rozpatrzyć dla stanów wejścia do portu i wyjścia statku z portu, określonych poniżej.

Wyjście z portu: zbiorniki paliwowe zapełnione w nie mniej niż 95% i 100% zapasów.

Wejście do portu: 10% zapasów.

20.9.4 Projektowe stany załadowania (dla wytrzymałości miejscowej)

20.9.4.1 Definicje

Maksymalna dopuszczalna lub minimalna wymagana masa ładunku w ładowni lub dwóch sąsiednich ładowniach jest związana z obciążeniem netto dna podwójnego. Obciążenie to jest funkcją zanurzenia, masy ładunku w ładowniach oraz masy paliwa i balastu wodnego w zbiornikach dna podwójnego.

Przyjęto poniższe definicje:

- M_H – rzeczywista masa ładunku w ładowni odpowiadająca stanowi załadowania jednorodnym ładunkiem przy maksymalnym zanurzeniu.
- M_{Full} – masa ładunku w ładowni odpowiadająca ładunkowi o teoretycznej gęstości (masa jednorodnego ładunku/pojemność ładunkowa ładowni, minimum 1,0 t/m³), wypełniająca ładownię do górnej krawędzi zrębnic lukowych. M_{Full} w żadnym przypadku nie może być mniejsza niż M_H .
- M_{HD} – maksymalna dopuszczalna masa ładunku w ładowni zgodnie z projektowym stanem/stanami załadowania przy wyznaczonych pustych ładowniach i przy maksymalnym zanurzeniu.

20.9.4.2 Warunki ogólne dotyczące wszystkich statków

20.9.4.2.1 Każda ładownia powinna być zdolna do przewozu masy M_{Full} przy całkowicie zapełnionych zbiornikach paliwa w dnie podwójnym w rejonie tej ładowni, o ile występują, oraz przy pustych zbiornikach balastowych w dnie podwójnym w rejonie ładowni, przy maksymalnym zanurzeniu.

20.9.4.2.2 Każda ładownia powinna być zdolna do przewozu masy ładunku odpowiadającej co najmniej 50% M_H przy pustych wszystkich zbiornikach znajdujących się w dnie podwójnym w rejonie tej ładowni, przy maksymalnym zanurzeniu.

20.9.4.2.3 Każda ładownia powinna być zdolna do przeniesienia obciążeń w stanie, gdy jest pusta, przy pustych wszystkich zbiornikach znajdujących się w dnie podwójnym w rejonie tej ładowni, przy największym zanurzeniu balastowym.

20.9.4.3 Warunki dotyczące wszystkich statków z wyjątkiem tych ze znakiem {no MP}.

20.9.4.3.1 Każda ładownia powinna być zdolna do przewozu masy M_{Full} przy całkowicie zapełnionych zbiornikach paliwa w dnie podwójnym w rejonie tej ładowni, o ile występują oraz przy pustych zbiornikach balastowych znajdujących się w dnie podwójnym w rejonie tej ładowni, przy zanurzeniu równym 67% zanurzenia maksymalnego.

20.9.4.3.2 Każda ładownia powinna być zdolna do przeniesienia obciążeń w stanie, gdy jest pusta, przy pustych wszystkich zbiornikach znajdujących się w dnie podwójnym w rejonie tej ładowni, przy zanurzeniu równym 83% zanurzenia maksymalnego.

20.9.4.3.3 Każde dwie sąsiednie ładownie powinny być zdolne do przewozu masy M_{Full} przy całkowicie zapełnionych zbiornikach paliwa w dnie podwójnym w rejonie tych ładowni, o ile występują oraz przy pustych zbiornikach balastowych znajdujących się w dnie podwójnym w rejonie tych ładowni, przy zanurzeniu równym 67% zanurzenia maksymalnego. Wymaganie dotyczące masy ładunku i paliwa w dnie podwójnym w rejonie ładowni ma zastosowanie również w przypadku, gdy sąsiednia ładownia zapełniona jest balastem, o ile taki przypadek występuje.

20.9.4.3.4 Każde dwie sąsiednie ładownie powinny być zdolne do przeniesienia obciążeń w stanie, gdy są puste, przy pustych wszystkich zbiornikach znajdujących się w dnie podwójnym w rejonie tych ładowni, przy zanurzeniu równym 75% zanurzenia maksymalnego.

20.9.4.4 Warunki dodatkowe dla ładowni

20.9.4.4.1 Ładownie przewidziane jako puste przy maksymalnym zanurzeniu powinny być zdolne do przeniesienia obciążeń w stanie, gdy są puste, przy pustych wszystkich zbiornikach balastowych w rejonie tych ładowni.

20.9.4.4.2 Ładownie przeznaczone do przewozu ładunku o dużej gęstości powinny być zdolne do przewozu masy M_{HD} , powiększonej o 10% masy M_H , przy całkowicie zapełnionych zbiornikach paliwa w dnie podwójnym w rejonie tych ładowni, o ile występują oraz przy pustych zbiornikach balastowych znajdujących się w dnie podwójnym w rejonie tych ładowni, przy maksymalnym zanurzeniu. W czasie eksploatacji maksymalna dopuszczalna masa ładunku powinna być ograniczona do masy M_{HD} .

20.9.4.4.3 Każde dwie sąsiednie ładownie, które zgodnie z projektowym stanem załadowania mogą być załadowane – podczas gdy ładownie przyległe do nich są puste – powinny być zdolne do przewozu (w każdej z nich) ładunku odpowiadającego maksymalnemu obciążeniu ładunkowemu według projektowego stanu załadowania, powiększonemu o 10% masy M_H , przy całkowicie zapełnionych zbiornikach paliwa w dnie podwójnym w rejonie załadowanych ładowni, o ile występują, oraz przy pustych zbiornikach balastowych w dnie podwójnym w rejonie pustych ładowni, przy maksymalnym zanurzeniu. W czasie eksploatacji maksymalna dopuszczalna masa powinna być ograniczona do maksymalnego obciążenia ładowni określonego dla projektowych stanów załadowania.

20.9.4.5 Dodatkowe warunki dotyczące wyłącznie ładowni balastowych

20.9.4.5.1 Ładownie zaprojektowane jako ładownie balastowe powinny być zdolne do przeniesienia obciążeń w stanie, gdy są w 100% zapełnione balastem wodnym, łącznie z lukami, przy całkowicie zapełnionych wszystkich zbiornikach dna podwójnego w rejonie tych ładowni przy zanurzeniu odpowiadającym stanowi balastowemu ciężkiemu. Wytrzymałość ładowni balastowych przylegających do zbiorników szczytowych, obłowych oraz zbiorników dna podwójnego powinna być zapewniona także w stanie, gdy ładownie balastowe są zapełnione, a zbiorniki szczytowe, obłowe oraz zbiorniki dna podwójnego puste.

20.9.4.6 Dodatkowe warunki dotyczące wyłącznie załadunku i rozładunku w porcie

20.9.4.6.1 Każda pojedyncza ładownia powinna być zdolna do przeniesienia obciążeń, jakie powstają przy załadowaniu jej maksymalną dopuszczalną masą ładunku, przy zanurzeniu równym 67% maksymalnego zanurzenia w warunkach portowych.

20.9.4.6.2 Każde dwie sąsiednie ładownie powinny być zdolne do obciążenia ciężarem ładunku o masie M_{Full} przy całkowicie zapełnionych zbiornikach paliwa w dnie podwójnym w rejonie tych ładowni, jeśli występują, oraz przy pustych zbiornikach balastowych w dnie podwójnym, w rejonie ładowni, przy zanurzeniu równym 67% maksymalnego zanurzenia w warunkach portowych.

20.9.4.6.3 Przy zmniejszonym zanurzeniu w porcie podczas załadunku i rozładunku dopuszczalna maksymalna masa ładunku w ładowni może być powiększona o 15% dopuszczalnej maksymalnej masy przy maksymalnym zanurzeniu w morzu, ale nie może przekraczać masy dopuszczalnej przy maksymalnym zanurzeniu w morzu. Minimalna wymagana masa może być zredukowana o tę samą wielkość.

20.9.4.7 Krzywe ładunkowe

W Instrukcji kontroli obciążenia statku i w kalkulatorze ładunkowym należy zamieścić krzywe ładunkowe określone na podstawie projektowych kryteriów obciążeniowych dla wytrzymałości miejscowej, podanych w punktach 20.9.4.2 do 20.9.4.6 (wyłączając punkt 20.9.4.5.1), przedstawiające maksymalną dopuszczalną oraz minimalną wymaganą masę ładunku w funkcji zanurzenia, zarówno w warunkach żeglugi w morzu, jak i podczas załadunku i rozładunku w porcie (patrz Publikacja 16/P – Środki kontroli obciążenia statku).

Dla innych zanurzeń niż określone powyżej, dla projektowych stanów załadowania maksymalną dopuszczalną i minimalną wymaganą masę należy skorygować ze względu na zmianę wyporu hydrostatycznego działającego na dno. Zmianę wyporu należy obliczać posługując się powierzchnią wodnicy dla danego zanurzenia.

Należy dołączyć krzywą ładunkową dla każdej pojedynczej ładowni oraz dla każdych dwóch sąsiednich ładowni.

20.10 Wymagania dotyczące dziobówki

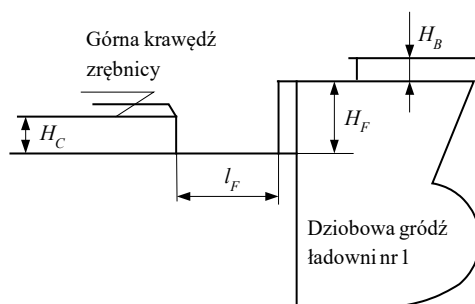
20.10.1 Zastosowanie i definicje

Każdy statek powinien mieć zamkniętą dziobówkę na pokładzie wolnej burty. Wymagane wymiary dziobówki określono w podrozdziale 20.10.2.

Układ konstrukcyjny i wymiary dziobówki powinny być zgodne z wymaganiami rozdziału 10.

20.10.2 Wymiary

Dziobówka powinna znajdować się na pokładzie wolnej burty. Tylna ściana dziobówki powinna znajdować się na tym samym wręgu co dziobowa gródź ładowni nr 1 lub powinna być przesunięta w stronę rufy od tego miejsca (patrz rys. 20.10.2).



Rys. 20.10.2

Jeżeli spełnienie powyższego warunku utrudniłoby otwieranie pokryw luku, to tylną ścianę dziobówki można usytuować przed grodziem dziobową ładowni nr 1. Należy wówczas spełnić warunek, że długość fragmentu dziobówki od dziobowego końca długości L w kierunku rufy jest nie mniejsza niż $0,07L$.

Wysokość dziobówki ponad pokładem głównym H_F nie powinna być mniejsza niż:

- standardowa wysokość nadbudówki zgodnie z *Międzynarodową konwencją o liniach ładunkowych, 1966* i jej *Protokołem z roku 1988*, lub
- $H_C + 0,5$ m, gdzie H_C jest wysokością dziobowej zrębownicy poprzecznej luku ładowni nr 1, w zależności od tego, która z tych wartości jest większa.

Wszystkie punkty rufowej krawędzi pokładu dziobówki powinny być położone w odległości l_F spełniającej warunek:

$$l_F \leq 5\sqrt{H_F - H_C}$$

od płyty zrębnicy luku, aby można było zastosować zmniejszone obciążenia obliczeniowe dziobowej poprzecznej zrębnicy luku ładowni nr 1 i pokrywy lukowej ładowni nr 1 zgodnie z wymaganiami punktów 12.3.4.1 i 12.3.5.2 z *Części III – Wyposażenie kadłubowe*.

Łamacz fal nie powinien być montowany na pokładzie dziobówki w celu ochrony zrębnicy luku lub pokryw lukowych. Jeśli został zamontowany w innym celu, to powinien być umieszczony w taki sposób, aby jego górna krawędź w płaszczyźnie symetrii znajdowała się w odległości nie mniejszej niż $H_B/\text{tg}20^\circ$ w stronę dziobu od tylnej krawędzi pokładu dziobówki, gdzie H_B – wysokość łamacza fal nad dziobówką (patrz rys. 20.10.2).

20.11 Wymagania dotyczące statków o podwójnych burtach

20.11.1 Zastosowanie

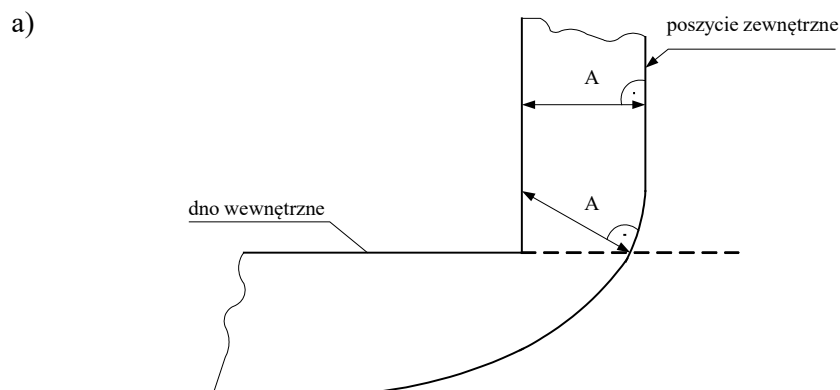
Wymagania podrozdziału 20.11 są zgodne z wymaganiami *SOLAS-XII/6* i mają zastosowanie do masowców o podwójnych burtach.

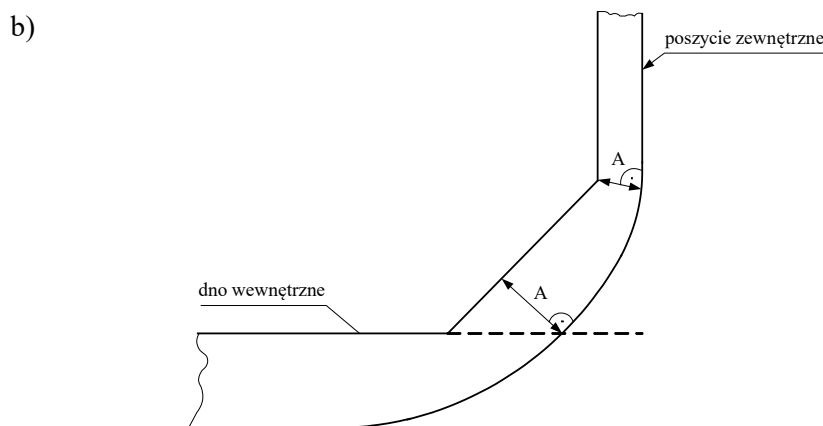
20.11.2 Konstrukcja i wymiary

20.11.2.1 Usztywnienia poszycia burty podwójnej nie mogą być usytuowane od strony ładowni.

20.11.2.2 Odległość pomiędzy poszyciem zewnętrznym a poszyciem burty wewnętrznej w każdym przekroju poprzecznym kadłuba, mierzona prostopadłe do poszycia, powinna być nie mniejsza niż 1000 mm.

Powyższe wymaganie dotyczy wymiaru A pokazanego na rys. 20.11.2.2 i powinno być spełnione w każdym miejscu podwójnej burty, tzn. od poziomego dna wewnętrznego do pokładu górnego.





Rys. 20.11.2.2. Interpretacja odległości pomiędzy poszyciem zewnętrznym a poszyciem burty wewnętrznej

20.11.2.3 Konstrukcja burty podwójnej powinna być taka, aby była dostępna do przeglądów. Należy w tym celu spełnić wymagania SOLAS II-1/3-6 oraz wymagania podane w podpunktach .1 do .3:

- .1 przestrzeń w podwójnej burcie w miejscu usytuowania elementów wyposażenia (rurociągi, drabiny itp.) powinna mieć szerokość nie mniejszą niż 600 mm – aby umożliwić swobodne przechodzenie;
- .2 odległość pomiędzy wierzchołkami pionowych usztywnień burty zewnętrznej i wewnętrznej powinna być nie mniejsza niż 600 mm;
- .3 odległość pomiędzy wierzchołkami poziomych usztywnień burty zewnętrznej i wewnętrznej, w pryzmatycznej części kadłuba, nie powinna być mniejsza niż 800 mm. Poza pryzmatyczną częścią kadłuba powyższa odległość może być zmniejszona, o ile wymusza to układ konstrukcyjny, ale nie może być ona mniejsza niż 600 mm.

Wartości liczbowe podane w podpunktach .1 do .3 oznaczają minimalne wartości odległości mierzonych wzdłuż linii łączących krawędzie środków usztywnień, stykające się z poszyciem kadłuba lub poszyciem burty wewnętrznej.

Wymagane wyżej wartości odległości nie muszą być zachowane w miejscach przewiązek łączących burtę z burtą wewnętrzną oraz w miejscach węzłówek usytuowanych w dolnych lub górnych końcach pionowych usztywnień poziomych.

20.11.3 Ochrona przed korozją i sposób wykorzystania przestrzeni w burtach podwójnych

20.11.3.1 Wszystkie zbiorniki balastowe na masowcach i przestrzenie w podwójnych burtach na masowcach o długości 150 m lub większej powinny być w trakcie budowy statku pokryte powłoką ochronną spełniającą wymagania określone w SOLAS II-1, prawidło 3-2 (szczegółowe wymagania zawiera rezolucja MSC.215(82) ze zmianami w rezolucji MSC.341(91)) oraz wymagania podane w *Publikacji 55/P – Nadzór nad systemami ochrony przed korozją i porastaniem* (patrz także 2.4.1 i 2.4.2).

20.11.3.2 Przestrzenie w podwójnych burtach nie mogą być wykorzystywane do transportu ładunku. Wymaganie to nie dotyczy zbiorników szczytowych, jeżeli są one zastosowane.

20.12 Wymagania dotyczące konstrukcji części ładunkowej kadłuba

20.12.1 Zastosowanie

Wymagania podrozdziału 20.12 mają zastosowanie do masowców o długości $L_0 \geq 150$ m, przeznaczonych do przewozu stałych ładunków masowych o gęstości $1,0 \text{ t/m}^3$ lub większej. Wymagania te są zgodne z wymaganiami SOLAS XII/6.

20.12.2 Konstrukcja kadłuba w ładunkowej części statku

20.12.2.1 Należy zapewnić ciągłość konstrukcji w rejonach, gdzie burty łączą się z pozostałymi częściami kadłuba.

20.12.2.2 Konstrukcja kadłuba w rejonie ładowni powinna być taka, aby zastosowanie standardowych urządzeń ładunkowych i procedur załadunku/rozładunku do wszelkich typów ładunków przewidywanych do transportu statkiem nie powodowało jej uszkodzeń. Przyjmuje się, że statek posiadający w symbolu klasy znak **CG**, spełniający wymagania podrozdziału 26.4, spełnia wymagania powyższe.

Aby zapobiec uszkodzeniom luków i zrębnic luków ładunkowych przez liny urządzeń ładunkowych wymagane jest zastosowanie ochron w formie prętów (np. o przekroju w kształcie półkola), spawanych do wzdłużników luków w rejonie pokładu, końcowych pokładników luku i w górnych rejonach zrębnic luków.

20.12.2.3 Konstrukcja kadłuba w rejonie ładunkowym statku powinna być taka, aby pojedyncze uszkodzenie jednego elementu usztywniającego poszycie nie powodowało natychmiastowego uszkodzenia innych elementów konstrukcji, mogącego doprowadzić do zniszczenia całych paneli uźebrowanych (patrz także 20.12.2.4 do 20.12.2.6). Znaczenie terminów występujących w powyższym wymaganiu wyjaśniono niżej.

Rejon ładunkowy statku obejmuje zrębnice luków, zbiorniki szczytowe, poszycie burt, burty wewnętrzne masowców z burtami podwójnymi, zbiorniki obłowe, dno podwójne (uwaga: pokrywy lukowe nie są zaliczane do powyższej kategorii).

Element usztywniający poszycie – profil (walcowany lub prefabrykowany) spawany do poszycia.

Elementy konstrukcji ładowni – zrębnice luków, grodzie poprzeczne, usztywnione panele poszycia zbiorników szczytowych i obłowych stanowiące ściany ładowni, dno wewnętrzne, burty masowców z burtami pojedynczymi lub burty wewnętrzne masowców z burtami podwójnymi.

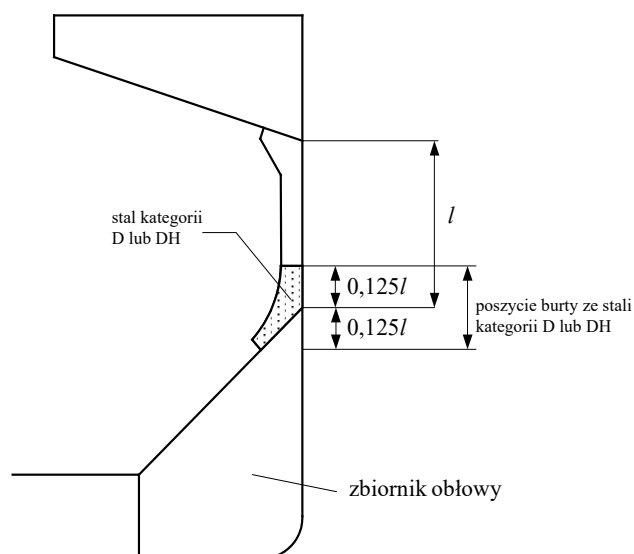
Pojedyncze uszkodzenie jednego elementu usztywniającego – przypadkowe lokalne uszkodzenie mechaniczne w obszarze ładowni, takie np. jak lokalne trwałe odkształcenie, pęknięcie lub uszkodzenie spoiny.

20.12.2.4 Wymagania punktu 20.12.2.3 dotyczą pojedynczych lokalnych uszkodzeń, łatwych do wykrycia. Zniszczenie całych paneli uźebrowanych nie powinno nastąpić przy obciążeniach równych maksymalnym projektowym obciążeniom na wodzie spokojnej, powiększonych o 80% obciążeń falowych maksymalnych, tj. o wartościach przekraczanych z prawdopodobieństwem 10^{-8} .

20.12.2.5 Należy stosować takie rozwiązania konstrukcyjne lub materiały, aby w przypadku uszkodzeń w formie pęknięć (szczelin) lub uszkodzeń spoin niemożliwy był niekontrolowany (gwałtowny) wzrost wymiarów pęknięcia.

Przyjmuje się, że powyższe wymagania są spełnione w przypadku masowców z burtą pojedynczą, jeżeli następujące fragmenty konstrukcji są wykonane ze stali kategorii nie niższej niż D lub DH:

- a) dolne końcówki wręgów;
- b) poszycie burt w obszarze położonym pomiędzy liniami w odległościach 0,125l od krawędzi przecięcia pochyłej ściany zbiornika obłowego z burtą, poniżej i powyżej tej krawędzi (patrz rys. 20.12.2.5).



Rys. 20.12.2.5. Elementy konstrukcji kadłuba, gdzie wymagane jest zastosowanie stali kategorii D lub DH

20.12.2.6 Przyjmuje się, że zniszczenie całych paneli uźebrowanych (patrz 20.12.2.3 i 20.12.2.4) nie wystąpi, jeżeli usztywnienia te spełnią następujący warunek dotyczący wyboczenia giętnego:

$$\sigma_c \geq 1,27\sigma_r \quad (20.12.2.6)$$

gdzie:

- σ_c – naprężenia krytyczne, obliczane wg 13.3.2.2 dla teoretycznych naprężeń krytycznych obliczanych wg 13.5.3.2;
- σ_r – obliczeniowe naprężenia ściskające w osi obojętnej usztywnienia, określane wg 13.3.2.7 lub w ramach analizy wytrzymałości strefowej konstrukcji.

Powyższe wymaganie w szczególności dotyczy usztywnień poszycia takich elementów konstrukcji kadłuba statku jak:

- zęblice luków ładunkowych,
- dno wewnętrzne,
- pochyłe ściany zbiorników obłowych i szczytowych,
- burta wewnętrzna (na masowcach z burtą podwójną),
- cokoły grodzi poprzecznych,
- grodzie płaskie,
- poszycie burt (na masowcach z burtą pojedynczą).

21 ZBIORNIKOWCE

21.1 Zasady ogólne

21.1.1 Zastosowanie

21.1.1.1 W przypadku zbiornikowców olejowych o podwójnym kadłubie, o długości 150 m lub większej, zamiast wymagań podanych w podrozdziałach 21.2 i 21.3 należy stosować wymagania *Common Structural Rules*.

Wymagania niniejszego rozdziału mają zastosowanie do pozostałych statków przeznaczonych do przewozu ciekłych ładunków masowych.

Poniższe wymagania należy traktować jako uzupełnienie wymagań podstawowych, podanych w rozdziałach 1–17.

21.1.1.2 Wymagania niniejszego rozdziału dotyczą także w odpowiednim zakresie statków przeznaczonych do alternatywnego przewozu płynnych oraz stałych ładunków masowych. Statki te powinny również spełniać odpowiednie wymagania rozdziału 20.

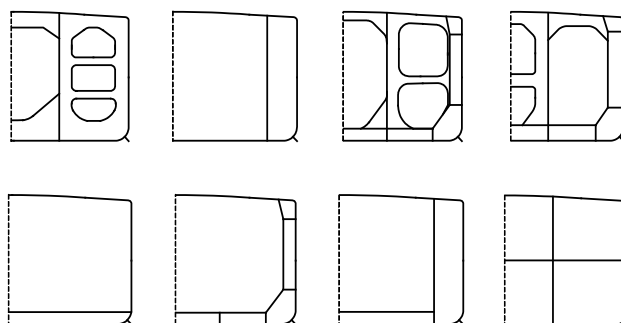
21.1.2 Układ konstrukcyjny

21.1.2.1 Zasadniczym typem konstrukcyjnym zbiornikowca olejowego jest statek z własnym napędem, z integralnymi zbiornikami ładunkowymi, przeznaczony głównie do przewozu olejów luzem.

Jest to z reguły statek jednopokładowy z maszynownią na rufie, grodziami poprzecznymi, podwójnymi burtami, dnem podwójnym, jedną lub więcej grodziami wzdłużnymi. Kadłub w rejonie zbiorników ładunkowych jest usztywniony wzdłużnie.

Możliwe są także inne układy konstrukcyjne – np. konstrukcje o pojedynczym kadłubie (statki zbudowane przed wdrożeniem obecnie obowiązującej wersji *Konwencji MARPOL 73/78*) lub konstrukcje z pokładami dennymi.

Typowe złady poprzeczne zbiornikowców olejowych pokazano na rys. 21.1.2.1.

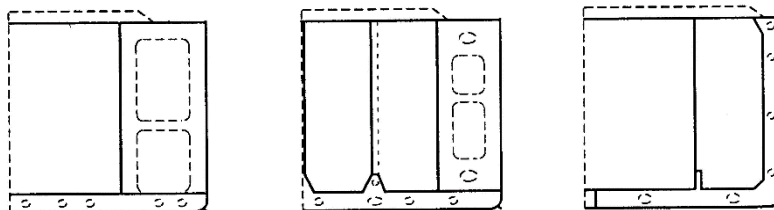


Rys. 21.1.2.1. Typowe złady poprzeczne zbiornikowców olejowych

21.1.2.2 Inne układy konstrukcyjne mogą być stosowane w przypadku zbiornikowców przeznaczonych do przewozu ciekłych ładunków innych niż oleje, jeżeli spełniają odpowiednie wymagania oraz zostaną uznane za równoważne pod względem wytrzymałościowym.

21.1.2.3 Zasadniczym typem konstrukcyjnym chemikaliowca jest statek z własnym napędem, z integralnymi zbiornikami ładunkowymi, przeznaczony głównie do transportu chemikaliów luzem. Jest to statek o pojedynczym lub podwójnym kadłubie. Możliwe są także inne układy konstrukcyjne.

Typowe złady poprzeczne chemikaliowców pokazano na rys. 21.1.2.3.



Rys. 21.1.2.3. Typowe złady poprzeczne chemikaliowców

21.1.3 Klasyfikacja

Statki spełniające dotyczące ich wymagania niniejszego rozdziału (lub dotyczące ich wymagania *Common Structural Rules*) mogą otrzymać jeden z następujących dodatkowych znaków w symbolu klasy:

CRUDE OIL TANKER – ropowce.

PRODUCT CARRIER A lub **PRODUCT CARRIER B** – zbiornikowce olejowe niebędące ropowcami.

TANKER FOR... – zbiornikowce niebędące zbiornikowcami olejowymi, chemikaliowcami ani gazowcami.

Wymagania, jakie powinny spełniać statki dla uzyskania dodatkowych znaków w symbolu klasy: **CHEMICAL TANKER** – chemikaliowce, lub **LIQUEFIED GAS TANKER** – gazowce, podane są w punktach 1.1.6 i 1.1.7 z *Części I – Zasady klasyfikacji*.

21.1.4 Dokumentacja

21.1.4.1 Do rozpatrzenia i zatwierdzenia należy przedłożyć dokumentację wymienioną w 1.4.2.

21.2 Podział przestrzenny

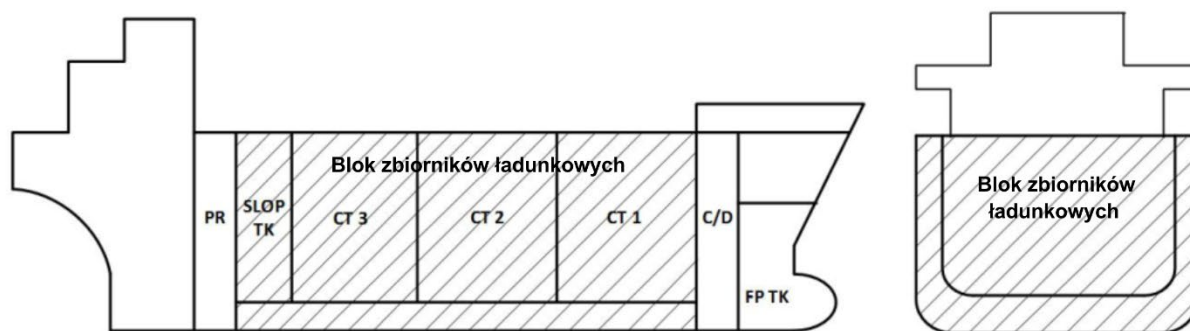
21.2.1 Rozplanowanie statku

Rozplanowanie przestrzenne statku powinno spełniać wymagania niniejszego podrozdziału oraz mające zastosowanie wymagania zawarte w *Części III – Wyposażenie kadłubowe*, *Części IV – Stateczność i niezatapialność*, *Części V – Ochrona przeciwpożarowa* oraz w *Części IX – Ochrona środowiska, Przepisów nadzoru konwencyjnego statków morskich*.

Na zbiornikowcach olejowych i chemikaliowcach przewożących ładunki ciekłe o punkcie zapłonu nieprzekraczającym 60°C i/lub toksyczne ładunki ciekłe¹, zbiorniki paliwa przylegające do zbiorników ładunkowych lub resztkowych nie mogą być umieszczane w bloku zbiorników ładunkowych lub częściowo do niego wchodzić. Zbiorniki takie mogą być jednak umieszczane za i/lub przed blokiem zbiorników ładunkowych. Akceptowane może być ich umieszczenie jako zbiorniki niezależne na pokładzie otwartym w rejonie ładunkowym po rozpatrzeniu aspektów związanych z rozlewem paliwa i bezpieczeństwem pożarowym.

Rozmieszczenie niezależnych zbiorników paliwowych oraz związanych z nimi instalacji rurociągów, włącznie z pompami, może być takie jak w przypadku zbiorników paliwowych i związanych z nimi instalacji rurociągów znajdujących się w pomieszczeniach maszynowych. W przypadku wyposażenia elektrycznego należy jednak uwzględnić wymagania dotyczące klasyfikacji rejonów niebezpiecznych.

¹ W kontekście tych wymagań, toksyczne ładunki ciekłe obejmują te ładunki, dla których w kolumnie "k" tabeli rozdziału 17 *Kodeksu IBC* określono wykrywanie toksycznych par.



Blok zbiorników ładunkowych jest częścią statku rozciągającą się od grodzi rufowej najbardziej wysuniętego ku rufie zbiornika ładunkowego lub resztkowego do grodzi dziobowej najbardziej wysuniętego ku dziobowi zbiornika ładunkowego lub resztkowego, na pełną wysokość lub szerokość statku, ale bez obszaru powyżej pokładu zbiornika ładunkowego lub resztkowego.

Niezależnie od wymagań podrozdziału 21.2.4, zbiorniki ładunkowe, resztkowe i paliwowe zbiornikowców olejowych, usytuowane w obrębie przestrzeni ładunkowej, powinny być rozmieszczone w taki sposób, aby spełnione były wymagania określone w prawie 23 z Załącznika I do Konwencji MARPOL 73/78.

Przy obliczaniu współczynnika średniego wypływu oleju należy stosować założenia i wymagania zawarte w prawidłach 23.4÷23.11.

Przy obliczaniu poziomu ładunku po uszkodzeniu zgodnie z prawidłem 23.7.3.2 normalne nadciśnienie, p , powinno być przyjmowane jako 5 kPa jeśli statek wyposażony jest w instalację gazu obojętnego, lub 0 jeśli żadna instalacja gazu obojętnego nie została umieszczona.

21.2.2 Przedziały ochronne

21.2.2.1 Wymagania podrozdziału 21.2.2 mają zastosowanie do zbiornikowców olejowych o nośności 600 ton lub większej.

21.2.2.2 Na zbiornikowcach olejowych o nośności 5000 t lub większej zbiorniki ładunkowe na całej ich długości powinny być od zewnątrz chronione za pomocą zbiorników balastowych lub przestrzeni innych niż zbiorniki ładunkowe i paliwowe, w sposób następujący:

- .1 Zbiornikami lub przestrzeniami burtowymi. Powinny one rozciągać się na całej wysokości bocznej statku lub od dna podwójnego do najwyższego pokładu, z pominięciem zaokrąglenia mocnicy burtowej, jeżeli zostało zastosowane. Szerokość zbiorników lub przestrzeni burtowych, mierząc od burty zewnętrznej w dowolnym miejscu pod kątem prostym, nie powinna być mniejsza od wartości w , określanej w sposób następujący (patrz rys. 21.2.2.2):

$$w = 0,5 + \frac{DWT}{20000} \quad [\text{m}] \quad (21.2.2.2-1)$$

lub $w = 2,0$ m, w zależności od tego, która z wartości jest mniejsza.

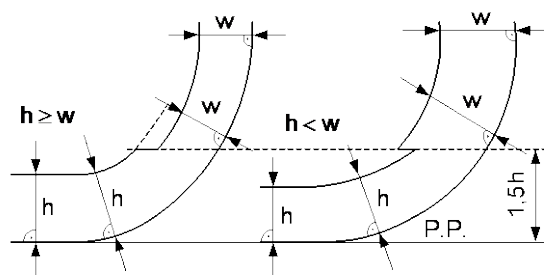
Wartość w nie może być jednak mniejsza niż 1,0 m.

- .2 Dnem podwójnym. Wysokość każdego zbiornika lub przestrzeni dna podwójnego w dowolnym przekroju powinna być taka, aby odległość h , mierzona pod kątem prostym do poszycia dna, pomiędzy dnem zbiorników ładunkowych i teoretyczną linią poszycia dna (patrz rys. 21.2.2.2), nie była mniejsza niż:

$$h = \frac{B}{15} \quad [\text{m}] \quad (21.2.2.2-2)$$

lub $h = 2,0$ m, w zależności od tego, która z wartości jest mniejsza.

Wartość h nie może być jednak mniejsza niż 1,0 m.



Rys. 21.2.2.2

21.2.2.3 Na zbiornikowcach olejowych o nośności 5000 t lub większej, w rejonie obła lub w obszarze, gdzie obło nie jest wyraźnie wydzielone, a wartości w i h różnią się między sobą, burtowy przedział ochronny powinien mieć szerokość nie mniejszą niż w , od poziomu $1,5h$ ponad płaszczyzną podstawową wznwyż – patrz rysunek 21.2.2.2. Warunek ten należy spełnić w każdym miejscu wzdłuż zbiorników ładunkowych.

21.2.2.4 Na ropowcach o nośności 20 000 ton lub większej oraz na produktowcach o nośności 30 000 ton lub większej łączna pojemność zbiorników burtowych, zbiorników dna podwójnego, zbiorników skrajnika dziobowego i rufowego nie powinna być mniejsza niż pojemność zbiorników balastu oddzielonego, konieczna do spełnienia wymagań podanych w 21.2.3. Zbiorniki lub przestrzenie burtowe oraz zbiorniki dna podwójnego, zastosowane w celu spełnienia wymagań podanych w 21.2.3, powinny być, tak jak jest to praktycznie możliwe, rozmieszczone równomiernie na długości zbiorników ładunkowych. Dodatkowe zbiorniki balastu oddzielonego, mające na celu zmniejszenie momentów zginających kadłub, przegłębień itd. mogą być przewidziane w dowolnym miejscu statku.

21.2.2.5 Studzienki ssące w zbiornikach ładunkowych mogą być wpuszczone w dno podwójne poniżej linii granicznej określonej odległością h , pod warunkiem że są tak małe jak to jest praktycznie możliwe, a odległość pomiędzy dnem studzienki a poszyciem zewnętrznym dna jest nie mniejsza niż $0,5h$. Dodatkowo, studzienki ssące powinny mieć wielkość odpowiednią do średnicy rurociągu ssącego i obsługiwanej powierzchni.

Powyższe wymagania dotyczą także zaworów lub innych urządzeń odcinających rurociągi połączone ze studzienką.

21.2.2.6 Zbiorników lub przestrzeni w dnie podwójnym wymaganych według 21.2.2.2.2 można nie instalować, pod warunkiem że konstrukcja zbiornikowca jest taka, że ciśnienie ładunku i par, działające na poszycie dna stanowiące pojedyncze rozgraniczenie pomiędzy ładunkiem a morzem, nie przekracza zewnętrznego ciśnienia hydrostatycznego wody, określonego poniższym wzorem:

$$fh_c \rho_c g + 100\delta_p \leq d_n \rho_s g \quad (21.2.2.6)$$

h_c – wysokość ładunku będącego w kontakcie z poszyciem dna [m];

ρ_c – maksymalna gęstość ładunku [t/m^3];

d_n – minimalne zanurzenie eksploatacyjne w dowolnym stanie załadowania, [m];

ρ_s – gęstość wody morskiej [t/m^3];

δ_p – maksymalna nastawa zaworu nadciśnieniowo-podciśnieniowego przewidzianego dla zbiornika ładunkowego [bary];

f – współczynnik bezpieczeństwa równy 1,1;

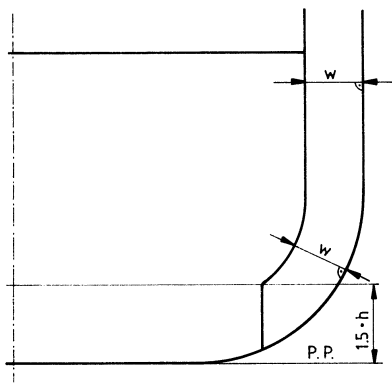
g – przyspieszenie ziemskie [m/s^2].

21.2.2.7 Jakakolwiek pozioma przegroda konieczna do spełnienia wymagań podanych w 21.2.2.6 powinna być usytuowana na wysokości nie mniejszej niż $B/6$ lub 6 metrów, w zależności od tego, która z tych wartości jest mniejsza, ale nie większej niż $0,6H$ ponad linią podstawową. H oznacza wysokość konstrukcyjną na śródkręciu.

21.2.2.8 Usytuowanie zbiorników lub pomieszczeń burtowych, w przypadku zastosowania podziału przestrzennego dopuszczanego według 21.2.2.6, powinno być zgodne z wymaganiami określonymi w 21.2.2.2.1, z tą różnicą, że poniżej poziomu $1,5h$ ponad płaszczyznę podstawową (h – określane zgodnie z 21.2.2.2.2) ścianka zbiornika ładunkowego lub przestrzeni burtowej może być poprowadzona pionowo w dół do poszycia dna, jak to przedstawiono na rys. 21.2.2.8.

21.2.2.9 Inne rozwiązania dotyczące przedziałów ochronnych na zbiornikowcach olejowych mogą również być uznane jako alternatywne w stosunku do określonych w 21.2.2.2 do 21.2.2.5, pod warunkiem że zapewnią one co najmniej taki sam stopień zabezpieczenia przed zanieczyszczeniami olejami w przypadku kolizji lub wejścia statku na mieliznę.

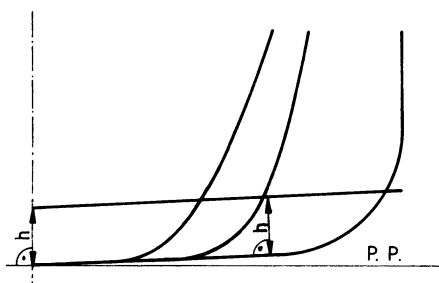
W ocenie skuteczności rozwiązań alternatywnych należy uwzględnić zalecenia zawarte w wydanej przez IMO rezolucji MEPC.110(49), rezolucji MEPC.64(36).



Rys. 21.2.2.8

21.2.2.10 Zbiornikowce olejowe o nośności mniejszej niż 5000 ton powinny:

- co najmniej być wyposażone w zbiorniki lub przestrzenie dna podwójnego o takiej wysokości, przy której odległość h , określana wg 21.2.2.2.2, spełni wymaganie: $h = B/15$ przy minimalnej wartości $h = 0,76$ m. W rejonie obła lub obszaru, gdzie obło wyraźnie nie występuje, linia graniczna zbiornika ładunkowego powinna przebiegać równoległe do linii płaskiego dna zewnętrznego na śródkręciu zgodnie z rys. 21.2.2.10:



Rys. 21.2.2.10

- być tak zaprojektowane, aby pojemność żadnego zbiornika ładunkowego nie przekraczała 700 m³. Warunek ten nie musi być spełniony, jeżeli rozplanowanie zbiorników lub przestrzeni burtowych będzie zgodne z wymaganiami punktu 21.2.2.2.1 oraz jeżeli jednocześnie wartość w będzie wynosiła:

$$w = 0,4 + \frac{2,4DWT}{20000} \text{ [m]}, \text{ przy czym } w \text{ nie może być mniejsze niż } 0,76 \text{ m.}$$

21.2.2.11 Nie należy przewidywać zbiorników ładunkowych przed grodzią zderzeniową.

21.2.3 Zbiorniki balastu oddzielnego

21.2.3.1 Wymagania podrozdziału 21.2.3 mają zastosowanie do ropowców o nośności 20 000 ton lub większej oraz do produktowców o nośności 30 000 ton lub większej.

21.2.3.2 Zbiornikowce wymienione w 21.2.3.1 powinny być wyposażone w zbiorniki balastu oddzielnego, których pojemność powinna zapewniać bezpieczne pływanie pod balastem bez konieczności używania zbiorników ładunkowych do balastowania wodą, z wyjątkiem przypadków omówionych w *Konwencji MARPOL 73/78*, Załącznik I, paragraf 18.3 i 18.4. We wszystkich jednak przypadkach pojemność zbiorników balastu oddzielnego powinna być co najmniej taka, aby w każdym stanie zabalastowania, na każdym etapie podróży, włączając w to stan, w którym statek jest pusty i ma tylko balast oddzielony, zanurzenie statku i przegłębienie odpowiadały każdemu z następujących wymagań:

- zanurzenie konstrukcyjne na śródkręciu (bez uwzględniania jakiegokolwiek odkształcenia statku) powinno być nie mniejsze niż zanurzenie obliczone wg wzoru:

$$T_1 = 2,0 + 0,02L \text{ [m]} \quad (21.2.3.2)$$

- zanurzenie na pionach dziobowym i rufowym powinno być nie mniejsze niż zanurzenie określone wg wzoru 21.2.3.2, przy czym przegłębienie na rufę nie powinno przekraczać 0,015L;
- w każdym przypadku zanurzenie na pionie rufowym powinno być takie, aby zapewnione było pełne zanurzenie śruby napędowej.

Ww. zbiorniki balastu oddzielnego powinny być rozmieszczone zgodnie z wymaganiami paragrafów 18.12÷18.15 z Załącznika I do *Konwencji MARPOL 73/78*.

Przy określaniu pola powierzchni poszycia dennego zbiorników/przestrzeni w dnie podwójnym, w celu spełnienia wymagań określonych w paragrafie 18.13 wymienionym wyżej oraz przy określaniu minimalnej wysokości takich zbiorników/przestrzeni w celu spełnienia wymagań określonych w paragrafie 18.15, można pomijać studzienki ssące spełniające wymagania 21.2.2.5.

Zaleca się, aby zbiornikowce olejowe o długości $L < 150$ m, niezależnie od ww. postanowień punktu 21.2.3.2, spełniały również wymagania zawarte w *Ujednoliconych interpretacjach* paragraf 18.5 z Załącznika I do *Konwencji MARPOL 73/78*.

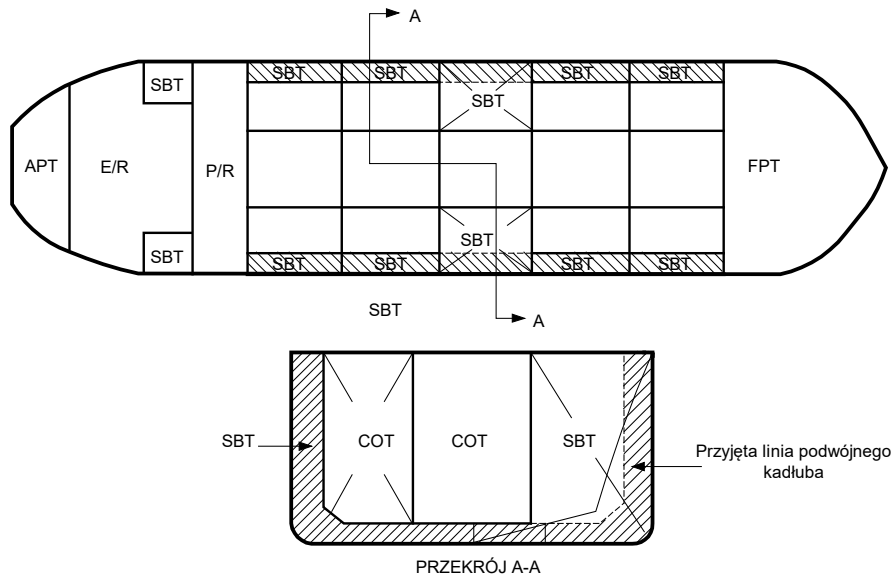
21.2.3.3 Przy obliczaniu łącznej pojemności zbiorników balastu oddzielnego, o których mowa w 21.2.3.2, nie należy uwzględniać pojemności:

- zbiorników balastowych w maszynowni,
- tej części objętości zbiornika oddzielnego balastu, która znajduje się poza obrysem podwójnego kadłuba, jak przedstawiono na rys. 21.2.3.3-1,
- wszelki balast przewożony w dobudówkach oddalonych od burt statku, wnękach lub wnękach w podwójnym kadłubie, takich jak cokoły grodzi, należy traktować jako balast dodatkowy powyżej minimalnego wymagania dotyczącego wielkości balastu oddzielnego.

Symbole użyte na rysunkach 21.2.3.3-1 i 21.2.3.3-2 oznaczają:

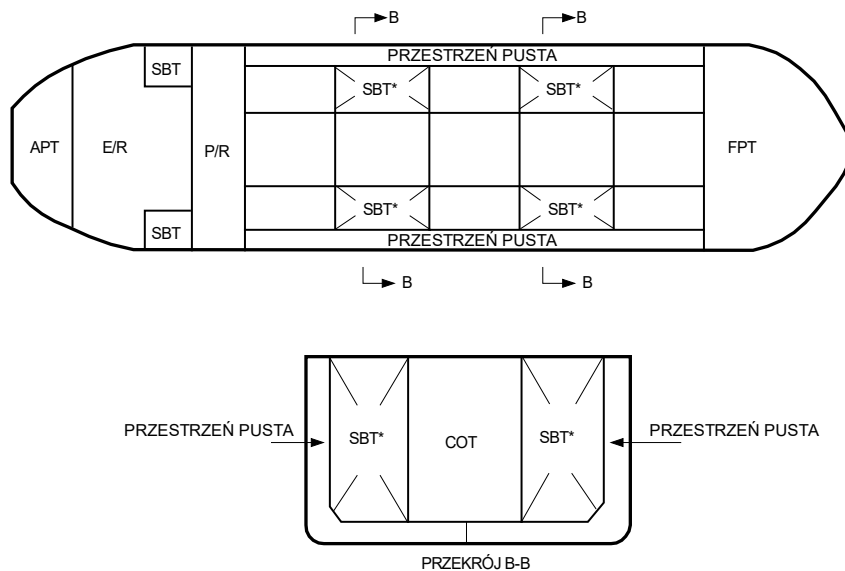
APT – skrajnik rufowy,

FPT – skrajnik dziobowy,
 E/R – maszynownia,
 P/R – pompownia,
 SBT – zbiornik balastu oddzielnego,
 COT – zbiornik ładunkowy.



Rys. 21.2.3.3-1

Do łącznej pojemności zbiorników balastu oddzielnego można wliczyć puste przestrzenie znajdujące się w obrysie podwójnego kadłuba na długości zbiorników ładunkowych, jak przedstawiono na rys. 21.2.3.3-2.



Rys. 21.2.3.3-2

21.2.4 Zbiorniki ładunkowe na zbiornikowcach olejowych

21.2.4.1 Długość zbiornika ładunkowego nie powinna przekraczać 10 m lub jednej z podanych poniżej wielkości, w zależności od tego, która z tych wartości jest większa:

- tam, gdzie nie zastosowano grodzi wzdłużnej dzielącej zbiornik ładunkowy:

$$l = \left(0,5 \frac{b_i}{B} + 0,1\right) L \quad [\text{m}] \quad (21.2.4.1-1)$$

lecz nie może przekraczać $0,2L$;

- tam, gdzie zastosowano jedną gródź wzdłużną w płaszczyźnie symetrii:

$$l = \left(0,25 \frac{b_i}{B} + 0,15\right) L \quad [\text{m}] \quad (21.2.4.1-2)$$

- tam, gdzie zastosowano dwie lub więcej grodzi wzdłużnych wewnątrz zbiorników ładunkowych:

- a) dla zbiorników ładunkowych burtowych:

$$l = 0,2L \quad [\text{m}] \quad (21.2.4.1-3)$$

- b) dla zbiorników ładunkowych centralnych:

$$\text{jeżeli } \frac{b_i}{b} \geq 0,2 \quad l = 0,2L \quad (21.2.4.1-4)$$

jeżeli $\frac{b_i}{b} < 0,2$:

$$1) \quad l = \left(0,5 \frac{b_i}{B} + 0,1\right) L \quad [\text{m}] \quad (21.2.4.1-5)$$

gdy nie przewidziano grodzi wzdłużnej w płaszczyźnie symetrii,

$$2) \quad l = \left(0,25 \frac{b_i}{B} + 0,15\right) L \quad [\text{m}] \quad (21.2.4.1-6)$$

gdy przewidziano gródź wzdłużną w płaszczyźnie symetrii.

W powyższych wzorach b_i oznacza minimalną odległość pomiędzy burtą statku a zewnętrzną gródią wzdłużną zbiornika, mierzona prostopadle do płaszczyzny symetrii na poziomie odpowiadającym letniej wolnej burcie.

21.2.4.2 W przypadku zbiornikowców olejowych przekazanych przed 1 sierpnia 2010 r., niezależnie od postanowień zawartych w 21.2.4.1, wielkość i rozmieszczenie zbiorników ładunkowych powinny spełniać wymagania prawidła 26.2 i 26.3 z Załącznika I do *Konwencji MARPOL 73/78*.

21.2.5 Przedziały pompowni zbiornikowców olejowych

21.2.5.1 Wymagania podrozdziału 21.2.5 mają zastosowanie do zbiornikowców olejowych o nośności 5000 ton lub większej. Są one równoważne wymaganiom prawidła 22 z Załącznika 1 do *Konwencji MARPOL 73/78*, wprowadzonego przez IMO rezolucją MEPC.117(52).

21.2.5.2 Przedział pompowni pomp ładunkowych powinien mieć dno podwójne – z wyjątkiem przypadków określonych w 21.2.5.3.

Wysokość dna podwójnego powinna być taka, żeby odległość h pomiędzy podłogą przedziału pompowni a płaszczyzną podstawową, mierzona prostopadle do płaszczyzny podstawowej, w dowolnym miejscu tego przedziału nie była mniejsza niż:

$$h = \frac{B}{15} \quad [\text{m}] \quad (21.2.5.2)$$

lub $h = 2,0$ m w zależności od tego, która wartość jest mniejsza.

Wartość h nie może być jednak mniejsza niż 1,0 m.

W dnie podwójnym pod pompownią mogą znajdować się przedziały ochronne, zbiorniki balastu lub zbiorniki paliwa – o ile nie wykluczają tego inne wymagania konwencyjne.

W dnie podwójnym pod pompownią można rozmieszczać rurociągi systemu balastowego, pod warunkiem że ich uszkodzenie nie spowoduje unieruchomienia pomp znajdujących się wyżej, w przedziale pompowni.

W dnie podwójnym mogą być usytuowane studzienki zęzowe, ale powinny one być możliwie małe. Odległość między dnem studzienki a poszyciem dna, mierzona prostopadle do płaszczyzny podstawowej statku, nie może być mniejsza niż $0,5h$.

21.2.5.3 Zastosowanie dna podwójnego pod pompownią nie jest wymagane, gdy:

- a) dno pompowni jest usytuowane powyżej płaszczyzny podstawowej na wysokości większej od wartości h wymaganej w 21.2.5.2 (np. pompownia usytuowana w nawisie rufowym);
- b) zalanie pompowni nie spowoduje unieruchomienia systemu ładunkowego lub balastowego.

W sytuacji, gdy część przedziału pompowni byłaby usytuowana w odległości od płaszczyzny podstawowej statku mniejszej od wymaganej w 21.2.5.2, zastosowanie dna podwójnego jest wymagane tylko w takiej części przedziału pompowni.

21.3 Materiały i wymiarowanie wiązań

21.3.1 Materiały

Materiały powinny odpowiadać wymaganiom rozdziału 2. Dla materiałów innych niż stal kadłubowa PRS każdorazowo określa wymagania dotyczące ich jakości i wytrzymałości.

21.3.2 Obciążenia obliczeniowe

Ciśnienia w zbiornikach do przewozu oleju i płynów o większej gęstości należy obliczać zgodnie z 16.3.

21.3.3 Poszycie i usztywnienia

Grubość płyt i wymiary usztywnień należy określać zgodnie z wymaganiami rozdziału 13.

21.3.4 Nadburczia i barierki

W rejonie zbiorników ładunkowych należy zastosować bariery odpowiadające wymaganiom zawartym w *Części III – Wyposażenie kadłubowe*. Po rozpatrzeniu rozplanowania pokładu i przeanalizowaniu możliwości zbierania się gazu, PRS może wyrazić zgodę na zastosowanie nadburczia płytowego odpowiadającego wymaganiom podrozdziału 10.5, o zasięgu większym niż określony w podrozdziale 9.5 z *Części III – Wyposażenie kadłubowe*.

21.3.5 Wiązary

21.3.5.1 Wymiary wiązarów powinny być określone zgodnie z wymaganiami rozdziału 13. Dla złożonych układów wiązarów, jeżeli PRS uzna to za konieczne, należy przeprowadzić analizę wytrzymałości zgodnie z wymaganiami rozdziału 14.

W szczególności analiza taka powinna być wykonana dla:

- wiązarów poprzecznych i wzdłużnych w zbiornikach ładunkowych statków o długości $L_0 > 120$ m,
- wiązarów grodzi poprzecznych,
- wiązarów dna podwójnego zbiorników bez grodzi wzdłużnych – dla statków o długości $L_0 > 120$ m.

Zalecane przez PRS metody obliczeń podane są w *Publikacji 19/P – Analiza strefowej wytrzymałości kadłuba zbiornikowca*.

21.3.5.2 Analizę naprężeń dla układów wiązarów należy przeprowadzić dla stanów obciążenia (SO) przedstawionych w ww. *Publikacji*.

Wymiary wiązań poprzecznych grodzi zbiorników powinny być obliczane dla najbardziej niekorzystnej kombinacji załadowania.

21.3.6 Wytrzymałość przedniej części dna

21.3.6.1 Uwagi ogólne

W przypadku zbiornikowca olejowego podlegającego wymaganiom podrozdziału 21.2.3, wzmocnienie przedniej części dna powinno być ustalane dla wartości zanurzenia występującej przy użyciu tylko zbiorników balastu oddzielonego.

21.3.6.2 Wymiary

Określenie wymiarów, które spełnią powyższe wymaganie, powinno być wykonane zgodnie z 6.4.

21.3.7 Wytrzymałość zmęczeniowa kadłuba

Wytrzymałość zmęczeniowa elementów konstrukcji kadłuba wykonanych ze stali o podwyższonej wytrzymałości powinna być sprawdzona zgodnie z wymaganiami *Publikacji 45/P – Analiza wytrzymałości zmęczeniowej stalowego kadłuba statku*. W szczególnych przypadkach PRS może wymagać sprawdzenia wytrzymałości zmęczeniowej elementów konstrukcji kadłuba wykonanych ze stali o zwykłej wytrzymałości.

21.3.8 Standard wykonania powłok ochronnych w zbiornikach ładunkowych na ropowcach¹

21.3.8.1 Standard wykonania jest oparty na warunkach technicznych i wymaganiach mających na celu uzyskanie założonej piętnastoletniej skuteczności powłoki ochronnej od chwili jej wstępnego zastosowania. W ciągu całego tego okresu system powłok ochronnych powinien pozostawać w stanie „DOBRYM”². Rzeczywisty okres skutecznej ochrony³ zmienia się w zależności od licznych wielkości zmiennych, włączając w to rzeczywiste warunki występujące w trakcie eksploatacji statku.

21.3.8.2 Powłoki ochronne dla zbiorników ładunkowych, zastosowane w czasie budowy nowych ropowców, powinny co najmniej spełniać wymagania zawarte w niniejszym standardzie wykonania.

21.3.8.3 Dla epoksydowego systemu powłokowego, który spełnia wymagania dotyczące prób i posiadania odpowiednich właściwości fizycznych (patrz załącznik do rezolucji MSC.288(87), Tabela 1) w udokumentowany sposób, należy dostarczyć *Świadectwo uznania typu wyrobu* lub *Deklarację zgodności*.

21.3.8.4 Następujące powierzchnie stanowią minimalny zakres powierzchni, które powinny być chronione zgodnie z następującym standardem wykonania (patrz również rys. 21.3.8.4):

- .1 Spód pokładu zbiornika, z całkowitą konstrukcją wewnętrzną, łącznie z węzłówkami łączącymi go z grodziami wzdłużnymi i poprzecznymi. W zbiornikach posiadających wręgi

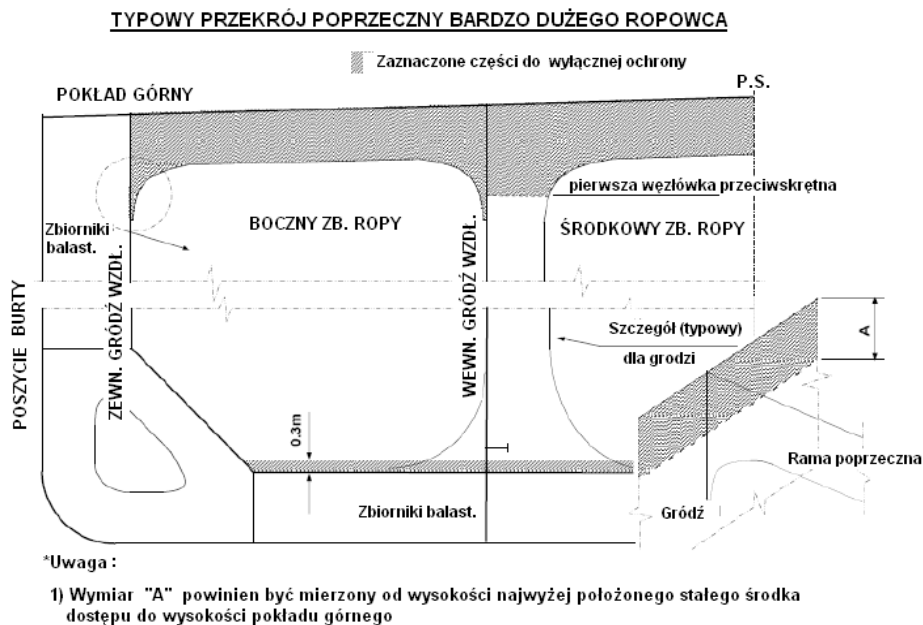
¹ Odnosi się do ropowców określonych zgodnie z prawidłem 1 z Załącznika 1 do *Konwencji MARPOL 73/78*.

² „DOBRY” stan jest stanem z niewielkim punktowym zardzewieniem, jak to zdefiniowano w *Kodeksie ESP* (rez. A.1049(27)) dla oceny powłok zbiorników balastowych zbiornikowców.

³ Założony okres skutecznej ochrony jest założoną ilością czasu wytrzymałości wyrażoną w liczbie lat, na którą zaprojektowano system powłok ochronnych.

ramowe, podpładowe wręgi poprzeczne powinny być pokryte powłoką od pokładu w dół, do poziomu pierwszej węzłówki przeciwskrętnej poniżej górnego mocnika.

- .2 Grodzie podłużne i poprzeczne powinny być pokryte powłoką od pokładu w dół, do poziomu najwyższego stałego środka dostępu dla przeprowadzania inspekcji. Najwyżej położony stały środek dostępu i podpierające go wsporniki powinny być całkowicie pokryte powłoką ochronną.
- .3 Powłoki na grodziach zbiorników bez stałych środków dostępu powinny rozciągać się w dół na odległość odpowiadającą 10% wysokości zbiornika w płaszczyźnie symetrii statku, ale nie musi to być więcej niż 3 m w dół od pokładu.
- .4 Płaskie dno wewnętrzne i cała konstrukcja do wysokości 0,3 m powyżej tego dna powinny być pokryte powłoką.



Rys. 21.3.8.4

21.3.8.5 Specjalne zastosowania

- .1 Niniejszy standard wykonania obejmuje wymagania związane z powłokami ochronnymi dla konstrukcji stalowej statku w obrębie zbiorników ładunkowych. Należy zauważyć, że istnieją inne niezależne elementy, które są montowane w obrębie zbiorników ładunkowych i które są pokrywane powłoką ochronną w celu zapewnienia im ochrony przed korozją.
- .2 Zaleca się stosowanie niniejszego standardu wykonania, na ile jest to tylko możliwe, do tych części środków dostępu dla inspekcji w obrębie rejonów wyszczególnionych w punkcie 21.3.8.4, które nie są integralną częścią konstrukcji statku, takich jak poręcze, niezależne podesty, drabiny itp. Mogą być stosowane także inne równoważne metody zapewnienia ochrony antykorozyjnej dla tych odrębnych części, pod warunkiem że nie pogarszają działania powłok przyległej konstrukcji. Rozwiązania konstrukcyjne, które mają wpływ na dostęp, a są integralnie związane z konstrukcją statku, takie jak wysokość usztywnień w miejscach przejść, wzdłużniki itp., powinny być w pełni zgodne z niniejszym standardem wykonania powłok ochronnych, kiedy znajdują się w rejonie pokrytym powłokami.

- .3 Zalecane jest również, aby wsporniki rurociągów, urządzeń pomiarowych etc. były przynajmniej pokryte powłokami takimi, jakie wymagane są dla niezależnych elementów wyszczególnionych w podpunkcie .2.

21.3.8.6 Wymagania dla systemów powłok ochronnych, które mają być zastosowane w czasie budowy w zbiornikach ładunkowych ropowców spełniających standard wykonania opisany w punkcie 21.3.8.1, podane są w załączniku do rezolucji MSC.288(87), w tabeli 1.

21.3.9 Standard dla stali odpornej na korozję jako alternatywnego środka ochrony antykorozyjnej¹ zbiorników ładunkowych na ropowcach²

21.3.9.1 Niniejszy standard jest oparty na warunkach technicznych i wymaganiach mających na celu uzyskanie założonej dwudziestopięcioletniej skuteczności. Przyjmuje się, że jest to okres od chwili wstępnego zastosowania stali, w czasie którego zmniejszenie grubości stali w zbiornikach ładunkowych powinno być mniejsze od dopuszczalnego oraz utrzymana powinna być wodoszczelność tych zbiorników. Rzeczywisty okres skutecznej ochrony³ będzie różny w zależności od licznych wielkości zmiennych, obejmujących rzeczywiste warunki występujące w trakcie eksploatacji statku.

21.3.9.2 Stal odporna na korozję⁴ dla zbiorników ładunkowych, zastosowana w rejonach opisanych w 21.3.9.4, powinna spełniać co najmniej wymagania dla stali odpornej na korozję określone w *Przepisach klasyfikacji i budowy statków morskich, Część IX – Materiały i spawanie*, podrozdział 8.5, co powinno być uważane za minimum.

21.3.9.3 Specjalne zastosowania

- .1 Niniejszy standard obejmuje wymagania dla odpornych na korozję stali przeznaczonych do konstrukcji okrętowych. Należy zauważyć, że istnieją inne niezależne elementy montowane w obrębie zbiorników, do których stosowane są środki ochrony antykorozyjnej.
- .2 Zaleca się stosowanie w odniesieniu do zbiorników ładunkowych standardu dla stali odpornej na korozję lub standardu wykonania powłok ochronnych w maksymalnie możliwym zakresie do tych części stałych środków dostępu dla inspekcji w obrębie rejonów opisanych w 21.3.9.4, które nie są integralną częścią konstrukcji statku, takich jak poręcze, niezależne podesty, drabiny itp. Mogą być stosowane także inne równoważne metody zapewnienia ochrony antykorozyjnej dla tych odrębnych części, pod warunkiem że nie pogarszają one właściwości odpornej na korozję stali w przyległej konstrukcji. Rozwiązania konstrukcyjne, które mają wpływ na dostęp, a są integralnie związane z konstrukcją statku, takie jak zwiększona wysokość usztywnień w miejscach przejść, wzdłużniki itp. powinny być w pełni zgodne z niniejszym standardem dla stali nierdzewnej lub standardem wykonania powłok ochronnych dla zbiorników ładunkowych, kiedy znajdują się w rejonach opisanych w 21.3.9.4.

¹ Środek alternatywny jest środkiem, który nie jest wykorzystaniem powłoki ochronnej zastosowanej zgodnie ze standardem wykonania powłok ochronnych dla zbiorników ładunkowych ropowców (rez. MSC.288(87)). Podstawą dla standardu opisanego w 21.3.9 jest rezolucja MSC.289(87).

² Por. przyp. ¹, przywoływany w tytule p. 21.3.8.

³ Por. przyp. ³, przywoływany w p. 21.3.8.1.

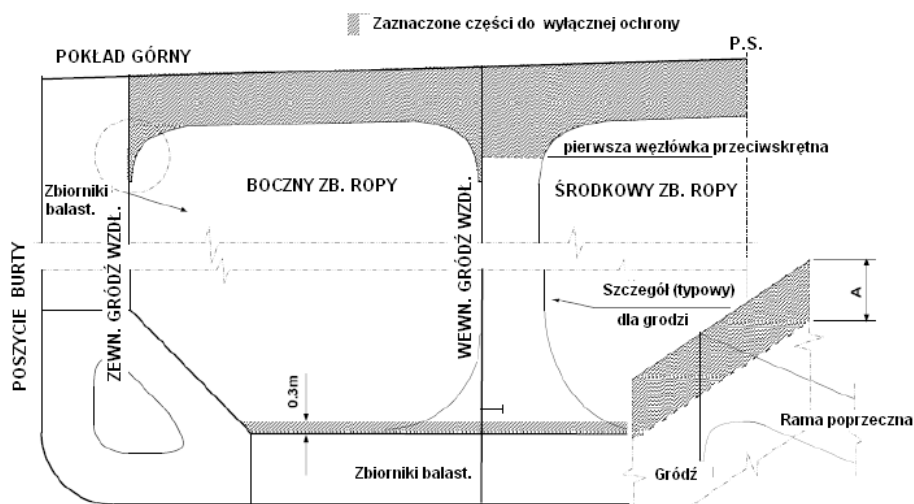
⁴ Stal odporna na korozję jest stalą, której odporność na korozję w części dolnej lub górnej wewnętrznego zbiornika ładunkowego jest sprawdzona i zatwierdzona zgodnie z wymaganiami standardu dla stali odpornej na korozję, a przy tym spełnia inne wymagania odnoszące się do materiału okrętowego, wytrzymałości konstrukcyjnej oraz procesu budowy statku.

- .3 Zalecane jest również, aby wsporniki rurociągów, urządzeń pomiarowych etc. były przynajmniej pokryte powłokami takimi, jakie są wymagane dla niezależnych elementów wyszczególnionych w podpunkcie .2.

21.3.9.4 Następujące powierzchnie stanowią minimalny zakres powierzchni, które powinny być chronione zgodnie z następującym standardem wykonania (patrz również rysunek 21.3.9.4):

- .1 Spód pokładu z całkowitą konstrukcją wewnętrzną, łącznie z węzłówkami łączącymi go z grodziami wzdłużnymi i poprzecznymi. W zbiornikach posiadających wręgi ramowe, podpokładowe wręgi poprzeczne powinny być chronione od pokładu w dół, do poziomu pierwszej węzłówki przeciwskrętnej poniżej górnego mocnika.
- .2 Grodzie podłużne i poprzeczne powinny być chronione od pokładu w dół, do poziomu najwyższego stałego środka dostępu dla przeprowadzania inspekcji. Najwyżej położony stały środek dostępu i podpierające go wsporniki powinny być w pełni chronione.
- .3 Grodzie zbiorników bez stałych środków dostępu powinny być chronione od pokładu w dół na odległość odpowiadającą 10% wysokości zbiornika w płaszczyźnie symetrii statku, ale nie musi to być więcej niż 3 m w dół od pokładu.
- .4 Płaskie dno wewnętrzne i cała konstrukcja do wysokości 0,3 m powyżej tego dna powinny być chronione.

TYPOWY PRZEKRÓJ POPRZECZNY BARDZO DUŻEGO ROPOWCA



*Uwaga :

- 1) Wymiar "A" powinien być mierzony od wysokości najwyższego położonego stałego środka dostępu do wysokości pokładu górnego

Rys. 21.3.9.4

21.3.9.5 Wymagania dotyczące stali odpornej na korozję, które mają być zastosowane w czasie budowy do zbiorników ładunkowych ropowców spełniających standard wykonania opisany w 21.3.9.1, powinny odnosić się do stali odpornych na korozję, zatwierdzonych zgodnie z warunkami określonymi w *Świadectwie uznania typu wyrobu* i *Zbiorze dokumentacji technicznej*¹ w celu ochrony rejonu zastosowania wskazanego w 21.3.9.4.

¹ *Zbiór dokumentacji technicznej* (ang. Technical File) – wymagany przez rez. MSC.289(87) w Aneksie 'Performance Standard for Corrosion Resistant Steel' powinien być zweryfikowany przez Administrację i przechowywany na pokładzie w ciągu całego okresu eksploatacji statku.

22 STATKI RYBACKIE

22.1 Zasady ogólne

22.1.1 Zastosowanie

22.1.1.1 Wymagania niniejszego rozdziału mają zastosowanie do statków rybackich. Poniższe wymagania należy traktować jako uzupełnienie wymagań podstawowych, podanych w rozdziałach 1–17.

22.1.1.2 Statki rybackie, oprócz wymagań niniejszej części *Przepisów*, powinny również spełniać wymagania Dyrektywy Rady 97/70/WE z dnia 11 grudnia 1997 r. wraz ze zmianami wprowadzonymi Dyrektywą Komisji 2002/35/WE z dnia 25 kwietnia 2002 r.

22.1.2 Klasyfikacja

Statki spełniające odpowiednie wymagania niniejszego rozdziału mogą otrzymać dodatkowy znak w symbolu klasy: **FISHING VESSEL**.

Statek spełniający wymagania punktu 22.1.3.2 może otrzymać dodatkowy znak **MS**.

22.1.3 Wymagania ogólne

22.1.3.1 Wymagania niniejsze dotyczą wszystkich typów statków określonych w 22.1.1, bez względu na rodzaj urządzeń łowczych.

Statki z pochylnią w części rufowej i urządzeniami do połowów z rufy powinny spełniać wymagania podrozdziału 22.3. Statki z urządzeniami do połowów z burty powinny spełniać wymagania podrozdziału 22.4.

22.1.3.2 Konstrukcja statków, które mogą cumować w morzu do innych statków (a w szczególności zasięg i wielkość wzmocnień konstrukcji burty), powinna być zgodna z wymaganiami podanymi w *Publikacji 20/P – Wzmocnienia burt statków rybackich cumujących w morzu*.

22.1.4 Dokumentacja

22.1.4.1 Do rozpatrzenia i zatwierdzenia należy przedłożyć dokumentację wymienioną w 1.4.2.

22.2 Konstrukcja i wymiarowanie wiązań

22.2.1 Wysokość dziobu

Minimalna wysokość dziobu powinna być nie mniejsza od określonej w prawidło 39 z Załącznika I do *Międzynarodowej konwencji o liniach ładunkowych, 1966*, a wznios pokładu górnego powinien być nie mniejszy od wymaganego w prawidło 38 z Załącznika I do tej *Konwencji*.

22.2.2 Ładownie

22.2.2.1 W ładowniach, w których przechowuje się zasolone ryby lub sól luzem, grubość poszycia dna wewnętrznego i dolnych płyt poprzecznych grodzi wodoszczelnych ograniczających te ładownie powinna być zwiększona o 1 mm, a grubość dolnych płyt grodzi wodoszczelnych pomiędzy tymi ładowniami o 2 mm w stosunku do wymagań podstawowych (patrz odpowiednio rozdziały 6 i 9).

22.2.2.2 Jeżeli w omawianych ładowniach nie ma dna wewnętrznego, należy zwiększyć grubość środników i mocników dennego wzdłużnika środkowego, wzdłużników i denników o 1,5 mm, a grubość poszycia dna o 1 mm w stosunku do wymagań podstawowych (patrz odpowiednio rozdziały 6 i 7).

22.2.3 Pomieszczenia produkcyjne

22.2.3.1 Jeżeli w pomieszczeniu produkcyjnym położonym powyżej pokładu grodziowego liczba grodzi jest mniejsza od wymaganej w 9.2, a odległość między grodziami ograniczającymi to pomieszczenie jest większa niż 30 m, to konstrukcja burt i przegród poprzecznych w tym rejonie podlega odrębnemu rozpatrzeniu przez PRS.

22.2.3.2 W pomieszczeniach produkcyjnych, gdzie poszycie pokładu narażone jest na działanie odpadów z obróbki ryb oraz wody morskiej, grubość tego poszycia należy zwiększyć o 1 mm w stosunku do wymagań podstawowych (patrz rozdział 8).

Tak samo należy zwiększyć grubość poszycia w miejscach, gdzie przechowuje się zasolone ryby lub sól luzem. Przylegające do pokładów części poszycia grodzi poprzecznych ograniczających pomieszczenia produkcyjne powinny mieć grubość zwiększoną o 1 mm do wysokości co najmniej 500 mm od poszycia pokładu.

22.2.3.3 Wskaźnik przekroju pokładników poprzecznych i wzdłużnych pokładu, na którym rozmieszczono urządzenia do obróbki ryb, należy określać dla ciśnienia obliczeniowego zgodnego z wymaganiami rozdziału 16, lecz nie mniejszego niż ciśnienie obliczone wg wzoru:

$$p = 15 \frac{M}{F} \quad [\text{kPa}] \quad (22.2.3.3)$$

M – masa urządzeń [t];

F – pole powierzchni pokładu w obrębie pomieszczenia urządzeń [m²].

22.2.4 Dno podwójne

Na statkach o długości 75 m lub większej należy zastosować wodoszczelne dno podwójne, rozciągające się w miarę możliwości od dziobowej grodzi zderzeniowej do grodzi skrajnika rufowego.

22.2.5 Nadburcia

Na statkach rybackich wsporniki i nadburcia należy umieszczać nie rzadziej niż co drugi odstęp wręgowy. Grubość nadburcia powinna być nie mniejsza niż 80% grubości wymaganej dla poszycia burty.

22.3 Statki z pochylnią rufową i urządzeniami do połowów z rufy

22.3.1 Konstrukcja pochylni rufowej

22.3.1.1 Ściany boczne pochylni powinny być doprowadzone w dół aż do poszycia zewnętrznego, a w kierunku dziobu – do grodzi rufowej. Ściany pochylni powinny płynnie przechodzić we wzdłużne wiązania ramowe pokładu.

22.3.1.2 Należy unikać płaskiego kształtu dolnej części nawisu rufowego. Połączenia ścian bocznych z poszyciem pawęży, pokładu i dennej części nawisu rufowego powinny mieć promień zaokrąglenia nie mniejszy niż 200 mm. Dopuszczalne jest wykonanie tych połączeń przy zastosowaniu okrągłego pręta o średnicy nie mniejszej niż 70 mm. Jeżeli zastosowano wciąganie włoka po pochylni, zalecany jest system wzdłużnych wiązań pokładu pochylni, przy zastosowaniu pokładników ramowych w odstępach nie większych niż 4 odstępy wręgowe. Odstęp pokładników wzdłużnych pochylni powinien być nie większy niż 600 mm.

Jeżeli stosuje się wciąganie ryby na specjalnych wózkach lub przy pomocy innych urządzeń transportowych, pochylnie należy wykonać w poprzecznym układzie wiązań. Wymaganie to ma również zastosowanie do statków wielorybnych.

22.3.2 Obciążenia obliczeniowe

22.3.2.1 Obciążenia obliczeniowe dla ścian bocznych i pochylni przy zastosowaniu wciągania włoka należy obliczać wg wzoru:

$$p = 6,5b \text{ [kPa]} \quad (22.3.2.1)$$

b – szerokość pochylni [m].

Jeżeli szerokość pochylni zmienia się na jej długości, to w obliczeniach należy przyjąć szerokość mniejszą.

22.3.2.2 Obciążenie obliczeniowe elementów pochylni na statkach, na których stosuje się specjalne kołowe urządzenia transportowe, należy obliczyć wg wzoru:

$$p = 27 \frac{M_1 + M_2}{n} \text{ [kPa]} \quad (22.3.2.2)$$

M_1 – największa nominalna masa ułowu, którą może unieść urządzenie transportowe [t];

M_2 – masa ruchomej części urządzenia transportowego [t];

n – liczba osi urządzenia transportowego.

22.3.2.3 Ciśnienie obliczeniowe ścian pochylni na statkach, na których stosuje się specjalne kołowe urządzenia transportowe, należy określać wg wzoru 22.3.2.1.

22.3.2.4 Przyjęte ciśnienia obliczeniowe pochylni i jej ścian powinny być nie mniejsze niż ciśnienia obliczone według rozdziału 16.

22.3.3 Poszycie pochylni

22.3.3.1 Grubość poszycia pochylni na statkach, które wciągają włok, powinna być nie mniejsza niż grubość obliczona wg wzoru:

$$t = K_0 s \sqrt{\frac{p}{\sigma} + t_{k1}} \text{ [mm]} \quad (22.3.3.1)$$

p – ciśnienie obliczeniowe określane wg wzoru 22.3.2.1 [kPa];

s – odstęp pokładników [m];

K_0, t_{k1} – współczynniki określane z tabeli 22.3.3.1;

$\sigma = 0,8R_e$ – naprężenie dopuszczalne.

Tabela 22.3.3.1
Wartości współczynników K_0 i t_{k1}

Lp.	Rodzaj konstrukcji	Rejon na długości pochylni	Typ statku					
			Statki rybackie		Statki specjalistyczne (z wyjątkiem baz wielorybnych)		Bazy wielorybne	
			K_0	t_{k1}	K_0	t_{k1}	K_0	t_{k1}
1	Pochylnia	Dolne zaokrąglenie i poszycie zewnętrzne nawisu rufowego	33,5	10,0	33,5	10,0	Patrz 22.3.3.3	
		Część środkowa		5,5		5,5		
		Górne zaokrąglenie		9,5		5,5		
2	Ściany pochylni	W rejonie tarcia lin	32,4	5,5	27,4	5,5	32,4	10,0
		W pozostałym rejonie		4,5		4,5		5,5

- 22.3.3.2** Wzdłużny zasięg zgrubionych rejonów poszycia na długości pochylni powinien być:
- w rejonie dolnego zaokrąglenia – nie mniejszy niż szerokość pochylni, licząc od czoła pochylni ku dziobowi,
 - w rejonie górnego zaokrąglenia – nie mniejszy niż dwie szerokości pochylni.

Zgrubienie płyt poszycia zewnętrznego nawisu rufowego powinno być przewidziane na odcinku nie krótszym niż 1 m, licząc od czoła pochylni ku dziobowi oraz na szerokości pochylni.

22.3.3.3 Zaleca się stosowanie urządzeń eliminujących ścieranie poszycia pochylni przez liny przy wciąganiu ryby. Jeżeli naciąg pojedynczej liny jest większy niż 30 kN, to zastosowanie takich urządzeń jest obowiązkowe. Jeżeli zastosowano wymienione urządzenia, to grubość poszycia w górnym rejonie można wyznaczyć zgodnie z 22.3.3.1 dla środkowej części pokładu pochylni. Zamiast urządzeń eliminujących ścieranie poszycia można stosować płyty zdwojone w rejonie wzmocnień górnego i dolnego zaokrąglenia całej szerokości pochylni oraz pasy zdwojone o szerokości nie mniejszej niż 400 mm przy ścianach pochylni na pozostałej długości pochylni. W tym przypadku grubość poszycia na całej długości pochylni można przyjąć zgodnie z 22.3.5.1 – jak dla środkowej części pochylni.

22.3.3.4 Niezależnie od sposobu transportu ryby po pochylni, grubość jej poszycia powinna być o 2 mm większa od wymaganej w 13.2.

22.3.3.5 Grubość poszycia ścian nisz w pochylni powinna być nie mniejsza niż grubość wymagana w 13.2 dla poszycia dna zewnętrznego.

22.3.4 Zład pokładu pochylni

22.3.4.1 Wskaźnik przekroju pokładników wzdłużnych, poprzecznych i ramowych pochylni na statkach, na których wciągany jest włok, powinien być nie mniejszy niż wskaźnik obliczony wg wzoru:

$$W = \frac{10^3 s p l^2}{K_w \sigma} \quad [\text{cm}^3] \quad (22.3.4.1)$$

s – odstęp rozpatrywanych elementów mierzony w płaszczyźnie pokładu pochylni [m];

K_w – współczynnik wyznaczony według tabeli 22.3.4.1;

p – ciśnienie obliczeniowe wg wzoru 22.3.2.1 [kPa];

l – rozpiętość rozpatrywanego elementu mierzona między podparciami [m];

σ – 140k [MPa].

Tabela 22.3.4.1
Wartość współczynnika K_w

Lp.	Wiązania pokładu pochylni	Typ statku		
		Statki rybackie	Statki specjalistyczne (z wyjątkiem baz wielorybnych)	Bazy wielorybne
1	Pokładniki wzdłużne	11,3	7,9	23,5
2	Pokładniki poprzeczne i ramowe	12,6	8,8	21,1
3	Usztywnienia ścian pochylni	13,8	18,5	5,2

22.3.4.2 Wskaźnik przekroju pokładników pochylni na statkach, na których przewidziane jest zastosowanie kołowych urządzeń transportowych, powinien być nie mniejszy niż wskaźnik obliczony wg wzoru 22.3.4.1, przyjmując:

$$K_w = 9,3l^2 \sqrt{\frac{s}{l}}$$

oraz ciśnienie p obliczone według 22.3.2.2.

22.3.5 Poszycie ścian pochylni

22.3.5.1 Na statkach nieprowadzących połowów pelagicznych pasy poszycia ścian w rejonach połączenia z pawężą oraz wzdłuż pochylni powinny być zgrubione. Grubość tych pasów powinna być nie mniejsza niż grubość obliczona wg wzoru 22.3.3.1. Zgrubione pasy poszycia ścian, biegnące wzdłuż pochylni, powinny mieć szerokość nie mniejszą niż 0,4 szerokości pochylni lub 1 m – zależnie od tego, która wartość jest większa. Dolne krawędzie tych pasów powinny dochodzić do pochylni – jeżeli stosowane jest wciąganie włoka, lub do poziomu, na którym układane są ryby – jeżeli stosowane są specjalne kołowe urządzenia transportowe lub inne.

Zakres zgrubionego poszycia ściany w rejonie pawęzy, licząc ku dziobowi od styku płaskiej części ściany pochylni z zaokrągleniem, powinien być nie mniejszy niż 0,5 szerokości pochylni. W obrębie zaokrąglonego przejścia poszycia ściany pochylni w poszycie pawęzy grubość pasa poszycia o szerokości nie mniejszej niż 700 mm, licząc od poszycia pochylni, powinna być nie mniejsza niż 20 mm. Alternatywnie można stosować płyty zdwajające.

Wzdłuż linii przejścia płaskiej części ściany w zaokrągloną, w odległości od pawęzy nie większej niż 200 mm należy przyspawać pręty półokrągłe o średnicy nie mniejszej niż 70 mm.

22.3.5.2 Na statkach do połowów pelagicznych ściany pochylni powinny być wzmocnione wzdłużnymi prętami półokrągłymi o średnicy nie mniejszej niż 70 mm, przy odstępach nie większym niż 200 mm. Krawędź górnego pręta powinna znajdować się w odstępach od pochylni nie większym niż 650 mm.

Grubość dolnego pasa poszycia ściany w rejonie od pochylni do poziomu co najmniej 100 mm powyżej górnego pręta półokrągłego powinna być nie mniejsza niż grubość obliczona wg wzoru:

$$t = \frac{85s_1}{k} + 1 \quad (22.3.5.2)$$

s_1 – odstęp pomiędzy krawędziami sąsiednich prętów półokrągłych [m].

W każdym przypadku grubość poszycia ścian i nisz w ścianach do poziomu pokładu górnego powinna być nie mniejsza niż grubość wymagana w 13.2 dla poszycia zewnętrznego, a powyżej tego poziomu – nie mniejsza niż grubość wymagana w 13.4.

22.3.6 Zład ścian pochylni

Wskaźnik przekroju usztywnień ścian pochylni powinien być nie mniejszy niż wskaźnik obliczony według zależności 22.3.4.1, w której należy przyjąć największą rozpiętość usztywnienia mierzoną od pokładu do najbliższego pokładu lub pomiędzy dwoma pokładami przyległymi do ściany, ale nie mniej niż 2,6 m. Na statkach do połowów pelagicznych wskaźnik przekroju usztywnienia powinien być nie mniejszy niż wskaźnik obliczony wg wzoru:

$$W = \frac{l-0,5}{l} \left(\frac{170}{k} - \frac{51}{s} \right) \quad [\text{cm}^3] \quad (22.3.6)$$

l – rozpiętość usztywnienia przyjęta zgodnie z powyższym wymaganiem [m];

s – odstęp usztywnień [m].

W każdym przypadku wskaźnik przekroju usztywnień ścian pochylni powinien być nie mniejszy niż wskaźnik wymagany w 13.5.

22.3.7 Wzmocnienia części rufowej

Grubość poszycia pawęży powinna być większa o 1 mm od wymaganej w 13.2 dla skrajnych części statku. Poszycie pawęży należy chronić przed zużyciem przyspawanymi ukośnie prętami stalowymi o przekroju półokrągłym i średnicy co najmniej 70 mm.

22.4 Statki z urządzeniami do połowów z burty

22.4.1 Dziobówka

Zaleca się, aby statki o długości $L > 30$ m z urządzeniami do połowów z burty miały dziobówkę.

22.4.1.1 Wzmocnienia w obrębie kozłów trałowych

W rejonie statku, gdzie znajduje się kozioł trałowy, obejmującym obszar między przekrojami oddalonymi o 3 odstępy wręgowe od końców danego kozła w kierunku dziobu i rufy należy przewidzieć następujące wzmocnienia:

- międzywręgi sięgające od pokładu górnego do poziomu co najmniej o 0,5 m poniżej poziomu wodnicy statku pod balastem, o wskaźniku wytrzymałości przekroju wynoszącym co najmniej 75% wskaźnika wymaganego w 13.5. Górne i dolne końce międzywręgów powinny być zamocowane do wzdłużnych wstawek umieszczonych między wręgami. Wiązania te powinny mieć taki sam przekrój jak międzywręgi i powinny być umieszczone w jednej linii. Górne wiązania wstawkowe powinny być oddalone od pokładu górnego o nie więcej niż 350 mm;
- wsporniki nadburcia umieszczone na każdym wręgu;
- elementy konstrukcyjne kadłuba o zwiększonej grubości:
 - mocnica burtowa: grubość o 2 mm większa od wymaganej w 22.4.3,
 - pas poszycia przy mocnicy burtowej: grubość równa grubości mocnicy,
 - mocnica pokładowa – grubość o 3 mm większa od wymaganej w 13.2 oraz w rozdziale 8,
 - nadburcie – grubość o 2 mm większa od wymaganej w rozdziale 10;
- pręty stalowe o przekroju półokrągłym, przyspawane ukośnie do nadburcia, mocnicy burtowej i poszycia burtowego powyżej balastowej wodnicy statku.

22.4.2 Poszycie burtowe pomiędzy kozłami trałowymi

W rejonie pomiędzy dziobowym i rufowym kozłem trałowym grubość poszycia burt i mocnicy burtowej powinna być o 1 mm większa od wymaganej w 13.2.

23 HOŁOWNIKI I STATKI OBSŁUGI

23.1 Zasady ogólne

23.1.1 Zastosowanie

Wymagania niniejszego rozdziału mają zastosowanie do statków przeznaczonych do holowania oraz do statków przeznaczonych do obsługi instalacji pozabrzegowych.

Poniższe wymagania należy traktować jako uzupełnienie wymagań podstawowych, podanych w rozdziałach 1÷17.

23.1.2 Klasyfikacja

Statki spełniające odpowiednie wymagania niniejszego rozdziału mogą otrzymać dodatkowy znak w symbolu klasy:

TUG – holownik,

SUPPLY VESSEL – statek obsługi.

23.1.3 Oznaczenia

s_s – standardowy odstęp wręgowy, obliczany wg wzoru:

$$s_s = 0,48 + 0,002L_0 \quad [\text{m}] \quad (23.1.3)$$

lecz nie większy niż 0,6 m w rejonach od grodzi zderzeniowej do dziobu i od grodzi skrajnika rufowego do rufy;

s – odstęp usztywnień mierzony wzdłuż poszycia [m];

l – rozpiętość usztywnienia lub wiązara [m].

23.1.4 Dokumentacja

23.1.4.1 Do rozpatrzenia i zatwierdzenia należy przedłożyć dokumentację wymienioną w 1.4.2.

23.2 Holowniki

23.2.1 Wymiarowanie wiązań

23.2.1.1 Dla określenia wymiarów wiązań holowników należy przyjmować zanurzenie konstrukcyjne $T = T_H \geq 0,9H_0$ [m].

23.2.2 Wiązary w skrajniku dziobowym

23.2.2.1 W kierunku dziobu od grodzi zderzeniowej poszycie burty należy usztywnić wzdłużnikami burtowymi w odstępach nie większych niż 2 m. Wzdłużniki te powinny być połączone z grodzią zderzeniową za pomocą węzłówek.

23.2.2.2 Wymiary wzdłużników powinny wynosić co najmniej:

- wysokość środnika: $h_s = 250 + 5L_0$ [mm];
- grubość środnika: $t_s = 6,5 + 0,02L_0$ [mm];
- pole powierzchni przekroju mocnika: $A_m = 5 \text{ cm}^2$.

23.2.2.3 Wzdłużniki powinny być podparte przez pokładniki rozporowe, których odstęp powinien być nie większy niż dwa odstępy wręgowe. Pokładniki te powinny mieć powierzchnię przekroju nie mniejszą niż powierzchnia obliczona wg wzoru:

$$A_p = 5 + 2B \quad [\text{cm}^2] \quad (23.2.2.3)$$

Dla pokładników niepodpartych w płaszczyźnie symetrii przez przegrodę wzdłużną pole powierzchni przekroju należy zwiększyć o 50%.

23.2.2.4 Pokładniki powinny być doprowadzone do wręgów i być połączone z nimi i ze wzdłużnikami spoiną, której pole przekroju powinno być nie mniejsze niż 40% pola przekroju pokładnika.

23.2.2.5 Międzywręgi powinny być połączone ze wzdłużnikami poprzez usztywnienia środków wzdłużników, a powierzchnia przekroju łączących spoin powinna być nie mniejsza niż 40% pola przekroju międzywręgu.

23.2.3 Odbojnice burtowe

Na wysokości pokładu, na całej długości statku należy zamontować odpowiednio wytrzymałe odbojnice burtowe (można stosować luźne odbojnice, jeżeli górne części burt są dodatkowo wzmocnione). Zaleca się kształtowanie burt holowników w taki sposób, aby nacisk pochodzący od innych obiektów był rozłożony na możliwie dużej powierzchni.

23.2.4 Szyby maszynowe

23.2.4.1 Grubość poszyci i wymiary usztywnień szybów maszynowo-kotłowych niechronionych przez pokładówki powinny być o co najmniej 20% większe od grubości i wymiarów określonych według wymagań podstawowych.

23.2.4.2 Wymiary zrębnic świetlików powinny być określone jak dla szybów niechronionych.

23.2.4.3 Jeżeli długość szybu jest większa od szerokości statku, to w połowie długości szybu zaleca się zastosowanie ciągłego pokładnika ramowego.

23.2.5 Wzmocnienia w rejonie urządzeń holowniczych

Fundamenty haka holowniczego, wciągarki holowniczej i pachołów holowniczych należy odpowiednio związać z wiązaniami konstrukcji kadłuba i nadbudówek.

Grubość poszycia w obrębie fundamentów powyższych urządzeń należy zwiększyć co najmniej o 60% w stosunku do wymagań podstawowych.

23.3 Statki obsługi

23.3.1 Burty i rufa

23.3.1.1 W rejonach narażonych na uszkodzenia należy zamontować odbojnice na wysokości pokładu górnego i pokładu dziobówki. Na dziobie pomiędzy wymienionymi odbojnicami należy zamontować dodatkowe ukośne odbojnice.

23.3.1.2 Grubość poszycia burty i obła powinna być nie mniejsza niż grubość obliczona wg wzoru:

$$t = (6,5 + 0,05L_0) \frac{s}{s_s} \quad [\text{mm}] \quad (23.3.1.2)$$

i powinna wynosić co najmniej 9 mm; należy przyjmować $\frac{s}{s_s} \geq 1,0$.

W rejonach narażonych na uszkodzenia, a niechronionych przez odbojnice, grubość poszycia burty w obrębie pokładu górnego i pokładu dziobówki powinna być nie mniejsza niż dwukrotna grubość wymagana powyżej. Zgrubione poszycie burty powinno sięgać co najmniej $0,01L_0$ poniżej pokładu.

23.3.1.3 W rejonach narażonych na uszkodzenia, chronionych przez odbojnice, wskaźnik przekroju wręgów głównych i wręgów w międzypokładzie powinien być nie mniejszy niż większa z wartości obliczonych wg wzorów:

$$W_1 = 1,5L_0/l s \quad [\text{cm}^3] \quad (23.3.1.3-1)$$

$$W_2 = 1,25W \quad [\text{cm}^3] \quad (23.3.1.3-2)$$

W – wskaźnik przekroju, określany według wymagań podstawowych.

Wskaźnik przekroju wręgów głównych i wręgów w międzypokładzie w rejonach narażonych na uszkodzenia, a niechronionych przez odbojnice, powinien być nie mniejszy niż wskaźnik obliczony wg wzoru:

$$W = 2,5L_0l_s \quad [\text{cm}^3] \quad (23.3.1.3-3)$$

Wszystkie wręgi powinny mieć węzłówki końcowe. Wręgi nie powinny być spawane do poszycia spoiną podkrojową.

23.3.1.4 Płaska część dna w rejonie rufy powinna być odpowiednio usztywniona.

23.3.1.5 Rejony konstrukcji rufy znacznie obciążone podczas ustawiania kotwic lub sprzętu wiertniczego powinny być wzmocnione. Grubość płyt powinna być co najmniej dwukrotnie większa niż grubość obliczona wg wzoru 23.3.1.2. Przyległy pokład powinien również być odpowiednio wzmocniony.

23.3.2 Pokład otwarty przeznaczony do przewozu ładunku

23.3.2.1 Wymiary wiązań pokładu należy obliczać przyjmując obciążenie ładunkiem nie mniejsze niż $1,5 \text{ t/m}^2$, zwiększone o 80% obciążenia wywołanego działaniem morza, określonego według 16.2. Jeżeli obciążenie ładunkiem przekracza 4 t/m^2 , nie jest wymagane sumowanie go z obciążeniami od działania morza. Dla pośrednich wartości obciążenia ładunkiem, dodatkowe obciążenia od działania morza należy określać przez interpolację liniową.

23.3.2.2 Grubość płyt poszycia pokładu powinna wynosić co najmniej 8 mm.

23.3.2.3 Rejony pokładu przewidziane do składania ciężkich ładunków powinny być odpowiednio wzmocnione.

23.3.2.4 Należy przewidzieć stojaki dla ładunku pokładowego. Stojaki te należy dobrze zamocować i podeprzeć. Wymiary stojaków powinny być takie, aby stojaki były zdolne przenieść obciążenie nie mniejsze niż $6F_p$ [kN], równomiernie rozłożone na stojaku znajdującym się na jednej burcie statku, gdzie F_p – całkowite pole powierzchni pokładu pomiędzy stojakami [m^2].

23.3.2.5 Nadburcie powinno być wykonane z płyt o grubości co najmniej 7 mm. Wsporniki nadburcia powinny mieć przy pokładzie szerokość nie mniejszą niż 350 mm oraz powinny być rozmieszczone w odstępach nie większych niż 1,3 m.

23.3.2.6 Wymiary konstrukcji podpierającej wyposażenie holownicze należy obliczać na podstawie wielkości siły zrywającej linę holowniczą.

23.3.3 Konstrukcja fundamentów

Podpory i wiązary podpierające pokładowe windy kotwiczne, ładunkowe, fundamenty niezależnych zbiorników ładunkowych oraz inne ciężkie konstrukcje lub ładunki powinny mieć wymiary dobrane odpowiednio do podpieranych mas, z uwzględnieniem obciążeń dynamicznych dwukrotnie większych od określonych zgodnie z rozdziałem 13.

23.3.4 Pokłady i ściany nadbudów

23.3.4.1 Grubość poszycia ścian pokładowek i ścian końcowych nadbudówek powinna być nie mniejsza niż grubość obliczona wg wzoru:

$$t = t_0 + 0,02L_0 \quad [\text{mm}] \quad (23.3.4.1)$$

$t_0 = 6$ dla ściany przedniej,
 $t_0 = 5$ dla ścian bocznych i ściany rufowej,
 $t_0 = 4,5$ dla pokładów pokładówek.

Jeżeli odstęp usztywnień jest większy niż 0,6 m, wymaganą grubość poszycia należy zwiększyć proporcjonalnie do wzrostu odstępów.

23.3.4.2 Wskaźnik przekroju usztywnień i pokładników powinien być nie mniejszy niż wskaźnik obliczony wg wzoru:

$$W = 0,7l^2 s p \quad [\text{cm}^3] \quad (23.3.4.2)$$

p – ciśnienie obliczeniowe wywołane oddziaływaniem morza, obliczone wg 16.2, przy czym należy przyjmować co najmniej:

- $p \geq 20$ kPa dla ściany dziobowej,
- $p \geq 13$ kPa dla ścian bocznych i ściany rufowej,
- $p \geq 10$ kPa dla pokładu otwartego,
- $p \geq 8$ kPa dla pokładów w pomieszczeniach.

23.3.4.3 Usztywnienia ścian powinny mieć przyspawane końce. Pokładniki powinny być połączone z usztywnieniami ścian za pomocą węzłówek. Usztywnienia na ścianie czołowej powinny mieć węzłówki na obu końcach.

23.3.5 Wymagania dla zbiorników cieczy niebezpiecznych

23.3.5.1 Wymagania podrozdziału 23.3.5 są zgodne z wydaną przez IMO rezolucją A.673(16) oraz jej uzupełnieniem w formie rezolucji MSC.236(82). Dotyczą one integralnych lub wstawianych zbiorników cieczy niebezpiecznych. Szczegółowy wykaz takich cieczy znajduje się w Załączniku 1 do ww. rezolucji (kwas siarkowy, kwas solny, itp.).

23.3.5.2 Ściany zbiorników określonych w 23.3.5.1 powinny znajdować się w odległości nie mniejszej niż 760 mm od burty, mierząc na poziomie letniej wodnicy ładunkowej, prostopadle do PS.

23.3.5.3 Zbiorniki na cieczy określone w 23.3.5.1 powinny być oddzielone od przedziałów maszynowni, tuneli wałów napędowych, ładowni dla ładunków suchych, pomieszczeń załogowych i służbowych, magazynów środków spożywczych dla załogi poprzez zastosowanie przedziałów ochronnych, przestrzeni pustych, przedziałów pompowni, zbiorników pustych, zbiorników innych cieczy (z wyjątkiem zbiorników wody pitnej i zbiorników oleju smarowego).

Określone wyżej zbiorniki mogą być ograniczone dnem statku, ale nie mogą one być usytuowane w skrajnikach dziobowym i rufowym.

Odstęp pozostałych ścian zbiorników od ścian sąsiednich przestrzeni statku nie powinien być mniejszy niż 600 mm.

Pokład górny statku może stanowić brzeg zbiornika, jeżeli nad zbiornikiem nie jest układany ładunek lub gdy pokład ładunkowy jest pokryty drewnem lub innym materiałem o odpowiedniej grubości.

23.3.5.4 Zastosowanie zbiorników wstawianych do ładowni lub ustawianych na pokładzie jest równoważne spełnieniu wymagań określonych w 23.3.5.3.

23.3.5.5 Typ zastosowanych zbiorników dla cieczy określonych w 23.3.5.1 powinien być zgodny z wymaganiami *Międzynarodowego kodeksu budowy i wyposażenia statków przewożących niebezpieczne chemikalia luzem (Kodeks IBC)* lub *Międzynarodowego kodeksu budowy i wyposażenia statków przewożących skroplone gazy luzem (Kodeks IGC)* – w zależności od typu ładunku.

23.3.5.6 Zamiast zbiorników wstawianych, mocowanych na stałe do pokładów, można stosować zbiorniki przenośne spełniające wymagania *Międzynarodowego kodeksu budowy i wyposażenia statków przewożących niebezpieczne chemikalia luzem (Kodeks IBC)* lub zbiorniki dopuszczone do użytku przez Administrację, pod warunkiem że są one odpowiednio rozmieszczane i mocowane na statku.

23.3.5.7 Materiał na zbiorniki powinien spełniać wymagania określone, odpowiednio, w *Kodeksie IBC* lub w *Kodeksie IGC*.

24 POGŁĘBIARKI, SZALANDY I ŻURAWIE PŁYWAJĄCE

24.1 Zasady ogólne

24.1.1 Zastosowanie

Wymagania niniejszego rozdziału mają zastosowanie do statków specjalnie przeznaczonych do wykonywania prac pogłębiarskich i transportu urobku oraz do żurawi pływających.

Poniższe wymagania należy traktować jako uzupełnienie wymagań podstawowych podanych w rozdziałach 1–17.

24.1.2 Klasyfikacja

Statki spełniające odpowiednie wymagania niniejszego rozdziału mogą otrzymać dodatkowy znak w symbolu klasy:

DREDGER	–	pogłębiarka,
HOPPER BARGE	–	szalanda,
FLOATING CRANE	–	żuraw pływający.

24.1.3 Dokumentacja

Do rozpatrzenia i zatwierdzenia należy przedłożyć dokumentację wymienioną w 1.4.2.

24.2 Konstrukcja i wymiarowanie wiązań pogłębiarek i szaland

24.2.1 Naddatki korozyjne

Powierzchnie konstrukcji w obrębie ładowni urobku należy traktować jako niezabezpieczone przed korozją i należy dla nich przewidzieć naddatki korozyjne określone zgodnie z wymaganiami podrozdziału 2.5.

Jeżeli w ładowni urobku przewiduje się przewóz kamieni lub innych materiałów powodujących szybkie zużycie płyt poszycia, to wielkość naddatków korozyjnych podlega odrębnemu rozpatrzeniu przez PRS.

24.2.2 Wytrzymałość wzdłużna

Wskaźnik przekroju kadłuba oraz powierzchnia przekroju burt i grodzi wzdłużnych powinny spełniać wymagania rozdziału 15, z uwzględnieniem najniekorzystniejszych stanów załadowania podczas przejść morskich oraz podczas wykonywania prac pogłębiarskich i wyładunku urobku. Do obliczeń należy przyjmować gęstość urobku nie mniejszą niż 1,2 t/m³.

24.2.3 Wymiarowanie konstrukcji

Wymiary wiązań powinny odpowiadać wymaganiom rozdziału 13, ze szczególnym uwzględnieniem obciążeń lokalnych wywołanych specjalistycznym wyposażeniem pogłębiarskim. Naprężenia dopuszczalne w wiązaniach kadłuba podpierających i mocujących wyposażenie pogłębiarskie oraz zakres innych lokalnych wzmocnień wynikających ze specyfiki prowadzonych prac podlegają odrębnemu rozpatrzeniu przez PRS.

24.3 Konstrukcja i wymiarowanie wiązań żurawi pływających

24.3.1 Konstrukcja kadłuba powinna spełniać wymagania podstawowe, przy uwzględnieniu niezbędnych wzmocnień dla podparcia urządzenia dźwignicowego w warunkach pracy i podróży.

24.3.2 W kadłubie należy zastosować poprzeczne i wzdłużne grodzie przejmujące siły przekazywane na kadłub przez konstrukcję posadowienia urządzenia dźwignicowego.

25 KATAMARANY

25.1 Zasady ogólne

25.1.1 Zastosowanie

25.1.1.1 Wymagania niniejszego rozdziału mają zastosowanie do katamaranów o długości $24 \text{ m} < L_0 \leq 90 \text{ m}$, które nie są jednostkami szybkimi. Definicję jednostki szybkiej podano w punkcie 1.2 Części I – Zasady klasyfikacji.

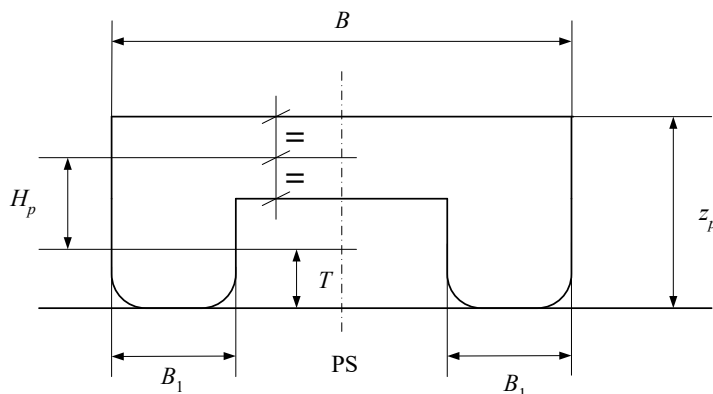
Konstrukcja kadłubów katamaranów o długości $L_0 > 90 \text{ m}$ podlega każdorazowo odrębnemu rozpatrzeniu przez PRS.

25.1.1.2 Wymagania niniejszego rozdziału mają zastosowanie do katamaranów nieograniczonego rejonu żeglugi, o kadłubach zbudowanych ze stali lub ze stopów aluminium, o konstrukcji określonej w podrozdziale 25.4, będących statkami pasażerskimi, towarowymi, rybackimi, itp.

W przypadku katamaranów z ograniczonym rejonem żeglugi, wartości dynamicznych obciążeń ogólnych (momenty zginające, skręcające, itp.) i miejscowych (ciśnienie zewnętrzne od wody morskiej, ciśnienie od ładunku, zapasów, itp.) mogą być zmniejszone następująco:

- dla rejonu II o 10%,
- dla rejonu III o 30%.

25.1.2 Oznaczenia



Rys. 25.1.2. Definicja wybranych wymiarów kadłuba katamaranu

- L, L_0 – odpowiednio: długość i długość obliczeniowa katamaranu [m], określone dla jednego pływaka traktowanego jako statek, tak jak w 1.2.2;
- B – szerokość katamaranu [m] – największa szerokość katamaranu, mierzona pomiędzy zewnętrznymi krawędziami wręgów zewnętrznych burt pływaków;
- B_1 – szerokość pływaka katamaranu [m] – największa szerokość pływaka, mierzona pomiędzy zewnętrznymi krawędziami wręgów burty zewnętrznej i burty wewnętrznej (tj. burty usytuowanej bliżej PS katamaranu);
- $B_p = B - 2B_1$ – szerokość pomostu katamaranu [m];
- $B_s = 2B_1$ – sumaryczna szerokość pływaków [m];
- D – wyporność katamaranu [t] – wyporność mierzona przy zanurzeniu T ;
- T – zanurzenie katamaranu [m] – pionowa odległość od płaszczyzny podstawowej do letniej wodnicy ładunkowej, mierzona w płaszczyźnie owręża;
- V – objętość konstrukcyjna [m³] – sumaryczna objętość brył kadłubów pływaków wyznaczona przez zewnętrzne krawędzie wręgów przy zanurzeniu T ;

- H_p – pionowa odległość od letniej wodnicy ładunkowej do połowy wysokości pomostu katamaranu, mierzona w PS [m];
- z_p – pionowa odległość pomiędzy płaszczyzną podstawową a pokładem pomostu katamaranu, przy burcie, w płaszczyźnie owręża [m];
- δ – współczynnik pełnotliwości określony wg wzoru:

$$\delta = \frac{V}{L_0 B_s T}$$

25.1.3 Dokumentacja

Do rozpatrzenia i zatwierdzenia przez PRS należy przedstawić dokumentację techniczną, której zakres określony w 1.4.2 należy dostosować do specyficznej konstrukcji kadłubów katamaranów.

W szczególności należy przedstawić rysunki pokazujące konstrukcję pomostu łączącego pływaki katamaranu.

25.2 Materiały i spawanie

25.2.1 Materiały

Przy doborze kategorii stali należy stosować wymagania podrozdziału 2.2, traktując każdy z pływaków tak jak kadłub statku jednokadłubowego a pomost – jak dno statku.

Blachy pokładu i dna pomostu oraz ścian czołowej i tylnej pomostu w rejonach połączeń pomostu z pływakami, oddalone od miejsca połączenia pomostu z pływakami o co najmniej 2 odstępy wręgowe, należą do grupy III wiązań.

25.2.2 Spawanie

Ustalając parametry spoin łączących elementy konstrukcji pływaków katamaranu należy stosować zasady podane w rozdziale 4, traktując każdy z pływaków tak jak kadłub statku jednokadłubowego.

Wymagania dotyczące spoin łączących elementy konstrukcji pomostu katamaranu są takie same jak wymagania dotyczące spoin łączących elementy konstrukcji dna statku jednokadłubowego.

25.3 Podział przestrzenny

25.3.1 Wymagania ogólne

25.3.1.1 Pływak i pomost łączący pływaki powinny być podzielone grodziami poprzecznymi na wodoszczelne przedziały.

Wymagane jest zastosowanie następujących grodzi:

- grodzi zderzeniowej,
- grodzi wydzielających przedziały maszynowe.

25.3.1.2 W odniesieniu do każdego katamaranu pasażerskiego i w odniesieniu do katamaranów innych typów funkcjonalnych, o długości większej niż 80 m, należy spełnić wymagania dotyczące wskaźnika podziału grodziowego i stateczności, określone w podrozdziale 5.3 *Części IV – Stateczność i niezatapialność*.

25.3.2 Położenie i pionowy zasięg grodzi zderzeniowych

Grodzie zderzeniowe w pływakach powinny spełniać wymagania określone w podrozdziałach 9.2.2 i 9.2.3.

25.4 Konstrukcja

25.4.1 Typy konstrukcyjne połączenia pływaków

Wymagania podrozdziału 25.4 mają zastosowanie do połączeń pływaków katamaranów realizowanych jedną z dwóch metod:

- zastosowanie nad pływakami pokładówki lub nadbudówki o długości nie mniejszej niż połowa długości statku, zawierającej nie mniej niż 3 grodzie poprzeczne lub przegrody usytuowane w części dziobowej, środkowej i rufowej;
- zastosowanie specjalnego pomostu w formie systemu poprzecznych wiązarów pokrytych poszyciem z obu stron (od góry i od dołu) lub tylko z jednej strony (od góry).

Inne typy konstrukcyjne połączeń pływaków (np. pomost złożony z kilku segmentów) będą rozpatrywane przez PRS odrębnie.

25.4.2 Konstrukcja połączenia pływaków

25.4.2.1 Zalecane jest konstruowanie pomostu w poprzecznym systemie wiązań. Wiązary poprzeczne i poprzeczne usztywnienia poszyc/poszycia pomostu powinny być usytuowane w tych samych płaszczyznach poprzecznych co odpowiednie wiązania pływaków.

Konstrukcja pomostu powinna być dostępna do przeglądów i remontów.

Zalecane jest, aby wysokość pomostu z poszyciem górnym i dolnym była nie mniejsza niż 800 mm.

25.4.2.2 Jeżeli w pokładzie pływaka zastosowano otwór (luk) o szerokości przekraczającej 60% szerokości tego pokładu, to należy przewidzieć odpowiednie wzmocnienia pokładu pomostu w rejonie tego otworu i na odcinkach o długościach rzędu połowy szerokości otworu, w stronę rufy i dziobu.

25.4.2.3 Jeżeli połączenie pływaków ma formę nadbudówki/pokładówki z poprzecznymi grodziami/ przegrodami zapewniającymi wytrzymałość katamaranu w warunkach ogólnego zginania poprzecznego i skręcania, to w pływakach należy zastosować grodzie poprzeczne, przegrody lub mocne ramy w tych samych płaszczyznach.

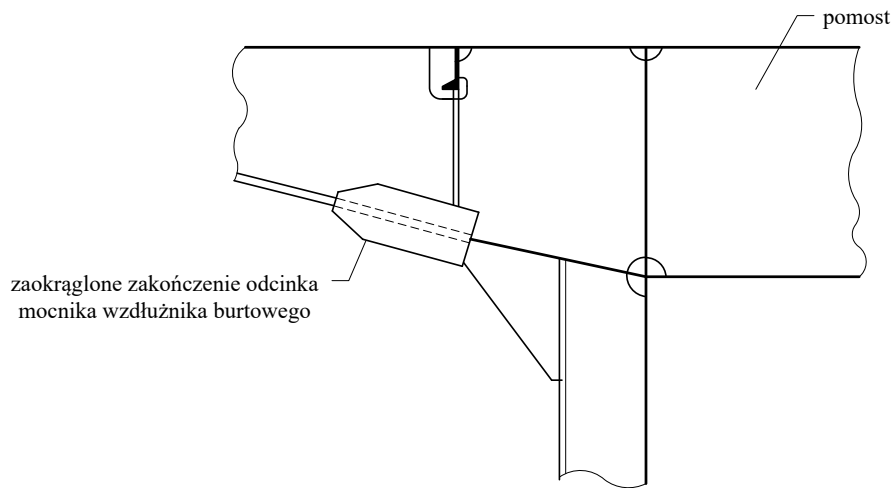
W przegrodach nadbudówki/pokładówki łączących pływaki nie należy wykonywać otworów o wysokości lub szerokości większej niż połowa wysokości przegrody; możliwość wykonania takich otworów podlega każdorazowo odrębnemu rozpatrzeniu przez PRS.

25.4.2.4 Zaleca się, aby pomost o poszyciu górnym i dolnym był łączony z burtami wewnętrznymi pływaków w sposób pokazany na rys. 25.4.2.4-1 i 25.4.2.4-2.

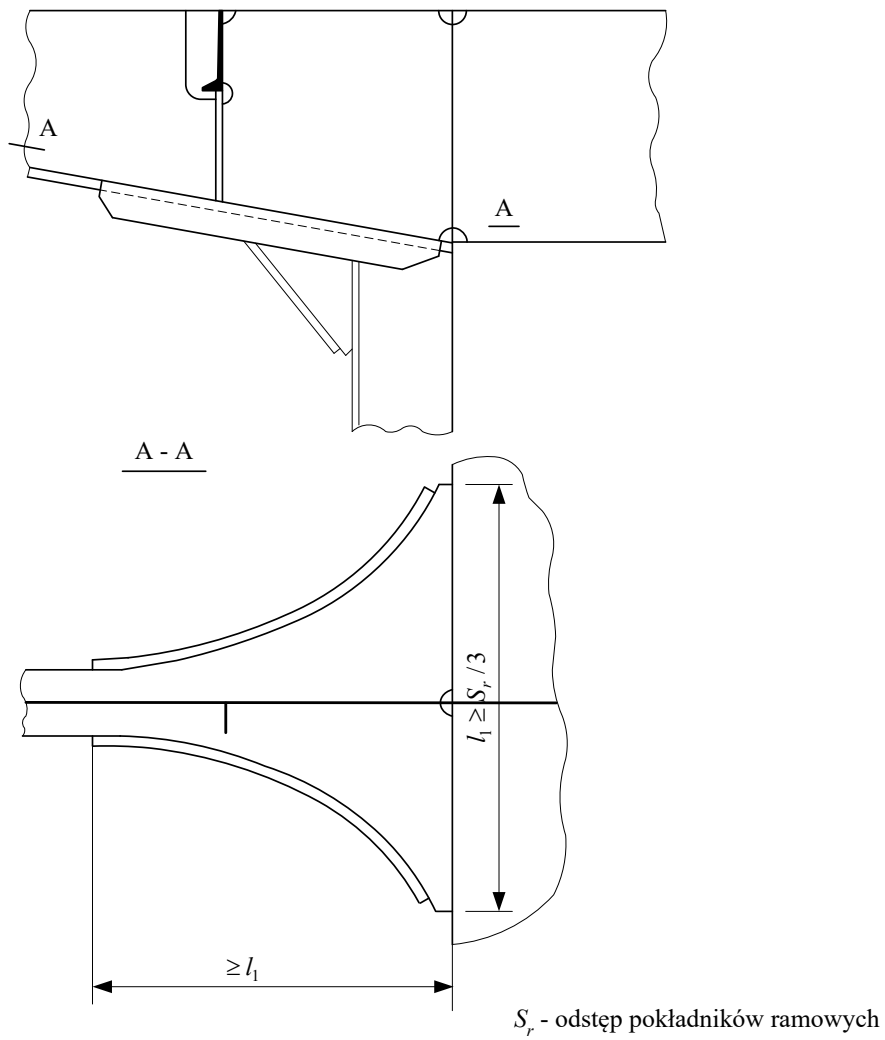
Wysokość pokładnika ramowego pływaka przy burcie wewnętrznej jest równa wysokości pomostu. Może być ona płynnie zmniejszona w miarę oddalania się od burty wewnętrznej.

W pływakach, na poziomie dolnego poszycia pomostu, należy zastosować wzdłużnik burtowy (rys. 25.4.2.4-1) lub węzłówki o zaokrąglonej krawędzi (rys. 25.4.2.4-2).

25.4.2.5 W przypadku pomostu o zaokrąglonym dolnym poszyciu przy burtach pływaków, sposób jego połączenia z burtami pływaków podlega każdorazowo odrębnemu rozpatrzeniu przez PRS.



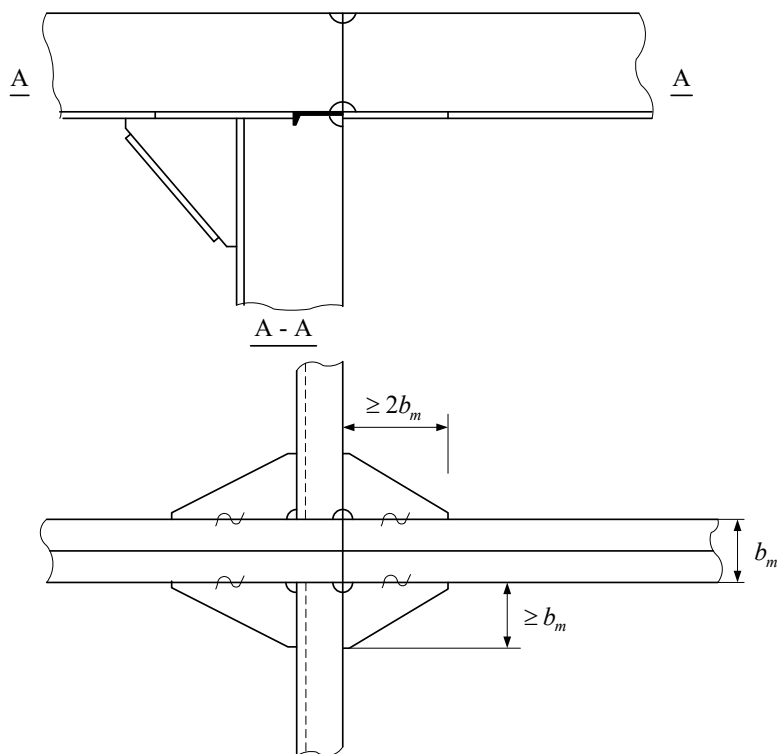
Rys. 25.4.2.4-1



Rys. 25.4.2.4-2

25.4.2.6 Zaleca się, aby pokładniki ramowe pomostu bez dolnego poszycia łączone były z burtami pływaków w sposób pokazany na rys. 25.4.2.6.

Inne rozwiązania konstrukcyjne podlegają każdorazowo odrębnemu rozpatrzeniu przez PRS.



Rys. 25.4.2.6

25.4.2.7 W pomoście o poprzecznym systemie wiązań należy zastosować poprzeczne usztywnienia poszycia (poszyc) pomiędzy pokładnikami ramowymi, oddalone od siebie o jeden odstęp wręgowy.

Usztywnienia poszycia górnego i poszycia dolnego powinny być połączone węzłówkami przy wewnętrznych burtach pływaków i przy wzdłużnikach pomostu.

Szerokość tych węzłówek (wymiar w kierunku poprzecznym do PS) powinna być nie mniejsza niż 0,3 wysokości pomostu, a grubość – nie mniejsza niż grubość pokładników ramowych.

Jeżeli iloraz wysokości węzłówki i jej grubości jest większy niż 35, to swobodna krawędź powinna być usztywniona mocnikiem lub zagięciem.

25.4.2.8 Usztywnienia górnego i dolnego poszycia pomostu można łączyć pionowymi łącznikami usytuowanymi w środkach rozpiętości ich przęseł.

Przekrój poprzeczny łącznika powinien mieć pole przekroju i moment bezwładności nie mniejsze od odpowiednich parametrów mniejszego z przekrojów łączonych usztywnień.

Zastosowanie łączników pozwala zmniejszyć o 40% wymagane wg podrozdziału 25.5 wartości wskaźników przekroju usztywnień pomostu.

25.4.2.9 W przypadku zastosowania wzdłużnego systemu usztywnień pokładu i burty wewnętrznej pływaków należy zastosować węzłówki, łączące najbliższe burty wewnętrznej

usztynienia pokładu z najbliższym pokładem usztynieniem burty wewnętrznej, w płaszczyznach poprzecznych usztynień pomostu.

25.4.2.10 Wytrzymałość pomostu bez dolnego poszycia, w warunkach zginania poprzecznego lub skręcania katamaranu, może być zapewniona poprzez zastosowanie kilku wzmocnionych wiązarów poprzecznych. W takim przypadku w pływakach, w płaszczyznach takich wiązarów, należy zastosować grodzie, przegrody lub wzmocnione ramy.

W rejonach połączeń mocników wzmocnionych wiązarów z burtami pływaków należy zastosować poziome węzłówki podobnie jak pokazano na rys. 25.4.2.6.

25.5 Wytrzymałość konstrukcji kadłuba

25.5.1 Minimalne grubości elementów konstrukcji

25.5.1.1 Minimalne grubości elementów konstrukcji należy ustalić wg wymagań podrozdziału 13.2, traktując każdy z pływaków tak jak statek jednokadłubowy a pomost katamaranu – tak jak dno podwójne statku.

25.5.2 Wytrzymałość i stateczność poszycia i usztynień poszycia

25.5.2.1 Do wyznaczenia wymaganej grubości płyt poszycia i wymaganego wskaźnika przekroju usztynień poszycia oraz do oceny ich stateczności należy zastosować wymagania rozdziału 13.

Wartość współczynnika f należy przy tym wyznaczyć wg wzoru 13.1.2, stosując wartości M_s , M_w , W_1 wyznaczone wg wymagań punktu 25.6.8.

Obciążenia obliczeniowe należy przyjąć wg wymagań podrozdziału 25.6.

Wartość naddatków korozyjnych należy przyjąć wg wymagań podrozdziału 2.5.

25.5.2.2 Poszycie i usztynienia dna i burt pływaków w części dziobowej należy dodatkowo sprawdzić w warunkach obciążenia ciśnieniem udarowym p_u wyznaczonym wg 25.6.3 i 25.6.4, stosując wymagania punktów 6.7.2, 6.7.3, 7.4.2 i 7.4.3.

25.5.2.3 Poszycie i usztynienia dna pomostu należy wymiarować wg wymagań punktów 6.7.2 i 6.7.3 przyjmując ciśnienie udarowe p_u wyznaczone wg 25.6.5.

25.5.3 Wytrzymałość systemu wiązarów

25.5.3.1 Wytrzymałość systemu wiązarów pływaków i pomostu katamaranu należy ocenić wg wymagań podrozdziałów 14.1 do 14.5 dla obciążeń miejscowych wyznaczonych wg 25.6.2, 25.6.6 i 25.6.7, uwzględniając naprężenia od zginania ogólnego w płaszczyźnie pionowej, wyznaczone z uwzględnieniem wymagań punktów 25.5.4 i 15.1.1.2.

Dodatkowo należy zastosować wymagania punktów 6.7.4 dla wiązarów dna pływaków i wiązarów pomostu oraz wymagania punktu 7.4.4 dla wiązarów burt, stosując ciśnienie udarowe p_u wyznaczone odpowiednio wg punktów 25.6.3, 25.6.5 i 25.6.4.

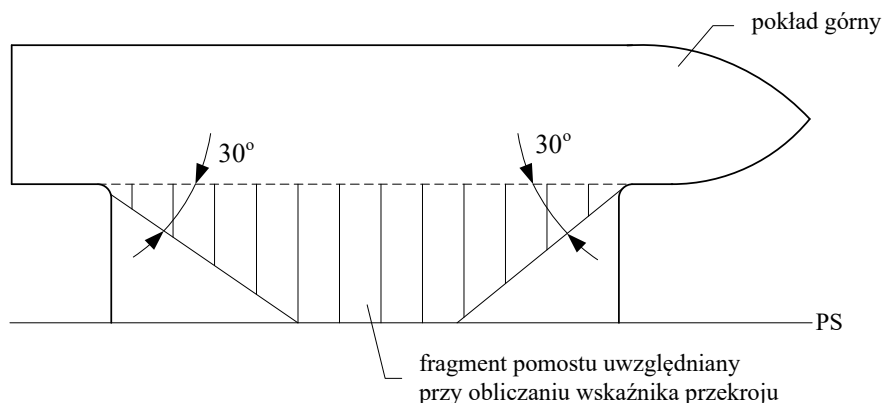
25.5.3.2 Wytrzymałość systemu wiązarów pomostu, pływaków i nadbudówki/pokładówki podlega dodatkowo sprawdzeniu wg wymagań punktów 25.5.5 do 25.5.7.

25.5.4 Wytrzymałość wzdłużna

25.5.4.1 Wytrzymałość każdego z pływaków katamaranu w warunkach zginania ogólnego podlega ocenie wg wymagań rozdziału 15, przy czym wartość momentu zginającego i siły poprzecznej należy przyjmować wg 25.6.8.

25.5.4.2 Każdy z pływaków katamaranu należy traktować tak jak statek jednokadłubowy.

Przy obliczaniu wskaźnika przekroju pływaka można uwzględnić ciągłe wiązania pomostu w obszarze pokazanym na rys. 25.5.4.2.



Rys. 25.5.4.2. Obszar pomostu uwzględniany przy obliczaniu wskaźnika przekroju pływaka

25.5.4.3 Zastosowanie powłokowo-belkowego modelu MES całego kadłuba katamaranu (wraz z nadbudówką lub pokładówką) do oceny wytrzymałości wzdłużnej podlega każdorazowo odrębnemu rozpatrzeniu przez PRS.

25.5.5 Zginanie poprzeczne pomostu

25.5.5.1 Ocenie podlega wytrzymałość wiązarów pomostu, pokładu, burt i grodzi pływaków w sąsiedztwie pomostu oraz nadbudówki lub pokładówki przykrywającej pomost.

25.5.5.2 Zalecane jest zastosowanie w analizie wytrzymałości modelu MES całego kadłuba katamaranu wraz z nadbudówką lub pokładówką. Model MES należy opracować zgodnie z ogólnymi zasadami podanymi w podrozdziale 14.4.

25.5.5.3 Moment zginający $M_p = M_{ps} + M_{pw}$ (M_{ps} , M_{pw} określono w 25.6.9) można przyłożyć do modelu MES w formie obciążeń ciągłych, działających poziomo w płaszczyźnie pokładów i na poziomie dna pływaków, tak aby obciążenie każdego pływaka było równoważne obciążeniu parą sił o momencie M_p .

Ocenie nie podlegają naprężenia w bezpośrednim sąsiedztwie przyłożonych w ten sposób obciążeń.

25.5.5.4 Obowiązują wartości naprężeń dopuszczalnych, podane w 14.5.3, z pominięciem naprężeń od ogólnego zginania statku.

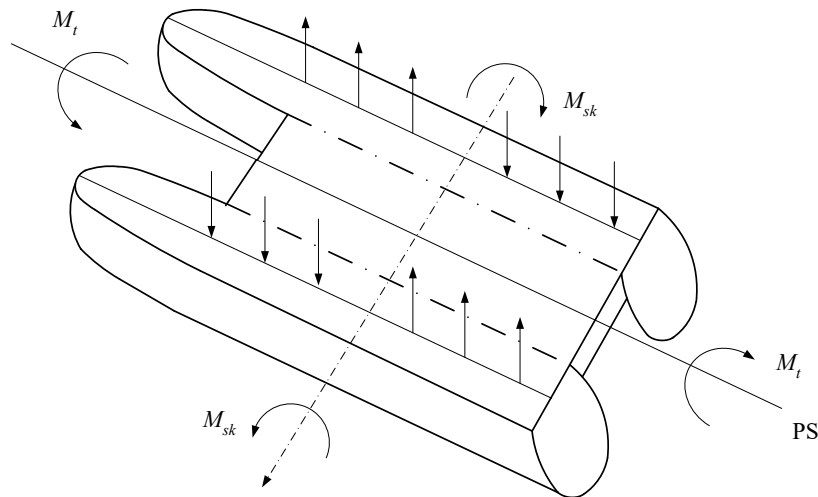
25.5.6 Skręcanie pomostu wokół osi poprzecznej

25.5.6.1 Zakres ocenianej konstrukcji jest taki jak określono w p. 25.5.5.1. Zalecane jest zastosowanie modelu MES opracowanego zgodnie z zasadami podanymi w 25.5.5.2.

25.5.6.2 Moment M_{sk} o wartości wyznaczonej wg 25.6.10 można zrealizować w formie układu par sił pionowych działających w środkowych wzdłużnych płaszczyznach pływaków (patrz rys. 25.5.6.2).

Powyższe siły powinny przy tym być dobrane w taki sposób, aby maksymalna wartość momentu skręcającego katamaran wokół osi wzdłużnej nie była większa od wartości M_t określonej w 25.6.11.1.

Ocenie nie podlegają naprężenia w rejonie przyłożenia powyższych obciążeń.



Rys. 25.5.6.2. Układ par sił do realizacji momentu M_{sk}

25.5.6.3 Dopuszczalne wartości naprężeń są takie same jak określono w 25.5.5.4.

25.5.7 Skręcanie pomostu względem osi wzdłużnej

25.5.7.1 Zakres oceny, zalecenia dotyczące modelu MES oraz dopuszczalne wartości naprężeń są takie jak określono w 25.5.6.

25.5.7.2 Moment skręcający M_t o wartości w przekroju poprzecznym na owrężu, wyznaczonej wg 25.6.11.1, można zrealizować w formie układu par sił pionowych działających w środkowych wzdłużnych płaszczyznach pływaków, rozłożonych w przybliżeniu równomiernie wzdłuż pływaków. Wartości tych sił powinny być dobrane tak, aby uzyskać wartość M_t momentu skręcającego w przekroju owręża katamaranu, a moment skręcający pomost względem osi poprzecznej nie przekroczył wartości M_{sk} określonej w 25.6.10.1.

25.5.8 Ścinanie pomostu katamaranu

25.5.8.1 Wartości średnich naprężeń stycznych w przegrodach poprzecznych i w grodziach pomostu w warunkach ścinania pomostu (patrz 25.6.9.3) oraz towarzyszących im naprężeń normalnych i zredukowanych nie powinny być większe od wartości dopuszczalnych podanych w 14.5.3.1. Sposób obliczenia powyższych naprężeń określono w 25.5.8.2.

25.5.8.2 Średnie naprężenie styczne (patrz 25.5.8.1) należy obliczać wg wzoru:

$$\tau = \frac{Q_{pw}}{10 \cdot A_p} \text{ [MPa]} \quad (25.5.8.2-1)$$

gdzie:

Q_{pw} – poprzeczna siła ścinająca wyznaczana wg wzoru 25.6.9.3-1 [kN],

A_p – suma efektywnych pól przekrojów poprzecznych przegród i grodzi poprzecznych w pomieszczeniu (patrz 3.2.3), leżących w dowolnej płaszczyźnie równoległej do PS [cm²].

Naprężenia normalne należy określić wg wzoru:

$$\sigma = \frac{1000M'_{pw}}{W} \text{ [MPa]} \quad (25.5.8.2-2)$$

gdzie:

M'_{pw} – moment zginający wyznaczony wg wzoru 25.6.9.3-2 [kNm],

W – wskaźnik wytrzymałości przekroju poprzecznego pomostu katamaranu leżącego w płaszczyźnie równoległej do PS, w rejonie połączenia z burtą pływaką [cm³].

Naprężenia zredukowane należy obliczać wg wzoru:

$$\sigma_{zr} = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} \text{ [MPa]} \quad (25.5.8.2-3)$$

gdzie:

τ – naprężenia styczne obliczone wg wzoru 25.5.8.2-1 [MPa],

σ – naprężenia normalne obliczone wg wzoru 25.5.8.2-2 [MPa].

25.5.9 Wytrzymałość pomostu w złożonych stanach obciążenia

25.5.9.1 Należy ocenić wytrzymałość systemu wiązarów pomostu, pływaków w rejonie pokładu oraz nadbudówki/pokładówki dla następujących obciążeń działających jednocześnie:

- 80% momentu zginającego wymaganego w 25.5.4 i 60% wartości momentu skręcającego M_t z punktu 25.5.7;
- 60% momentu zginającego wymaganego w 25.5.4 i 80% wartości momentu skręcającego M_t z punktu 25.5.7;
- 70% wartości momentu M_p z punktu 25.5.5 i 100% wartości momentu M_{sk} z punktu 25.5.6;
- 100% wartości momentu M_p z punktu 25.5.5 i 70% wartości momentu M_{sk} z punktu 25.5.6.

25.5.9.2 Można zastosować ten sam model MES co w punktach 25.5.4 do 25.5.7.

Wartości naprężeń dopuszczalnych należy przyjmować takie same, jak określono w punkcie 25.5.5.4.

25.5.10 Wytrzymałość pomostu w warunkach dokowania katamaranu

25.5.10.1 Należy ocenić wytrzymałość wiązarów konstrukcji w zakresie określonym w p. 25.5.5.1 metodą określoną w 25.5.6.

Moment skręcający pomost względem osi poprzecznej należy wyznaczyć ze wzoru (patrz także rys. 25.5.10.2):

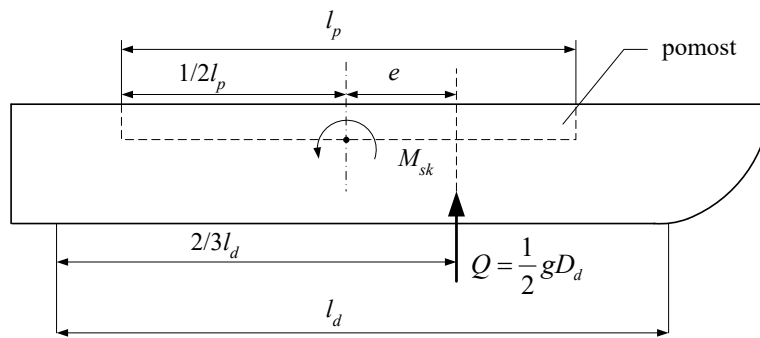
$$M_{sk} = \frac{1}{2} g D_d e \text{ [kNm]} \quad (25.5.10.1)$$

gdzie:

D_d – wyporność katamaranu w stanie gotowym do dokowania [t],

e – wymiar określony na rys. 25.5.10.1 [m].

Na rys. 25.5.10.1 l_p oznacza długość pomostu katamaranu, a l_d – długość odcinka stępki pływaką podpartego przez podpory stępkowe.



Rys. 25.5.10.1. M_{sk} w warunkach dokowania katamaranu

25.5.10.2 Naprężenia zredukowane w wiązarach, obliczone z zastosowaniem modelu MES utworzonego wg ogólnych zasad określonych w p. 14.4.2, nie powinny być większe od granicy plastyczności materiału.

25.6 Obciążenia obliczeniowe

25.6.1 Zasady ogólne

25.6.1.1 W podrozdziale 25.6 określone są miejscowe obciążenia konstrukcji, które należy stosować do oceny wytrzymałości poszycia, usztywnień poszycia i wiązarów wg wymagań punktów 25.5.2 do 25.5.3 oraz obciążenia ogólne stosowane w analizie wytrzymałości konstrukcji wg wymagań punktów 25.5.4 do 25.5.8.

25.6.2 Ciśnienia zewnętrzne

25.6.2.1 Amplitudy przemieszczeń składowych i przyspieszeń należy wyznaczać wg wymagań podrozdziałów 17.3 i 17.4 – oprócz amplitudy kiwania Θ_A i amplitudy kołysania Φ_A , których wartości wynoszą:

$$\Theta_A = 0,15 \text{ rad} \quad (25.6.2.1-1)$$

$$\Phi_A = 0,25 \text{ rad} \quad (25.6.2.1-2)$$

W obliczeniach należy przyjąć wartości L_0 , B i T jednego pływaków katamaranu.

25.6.2.2 Wartości ciśnień na burty zewnętrzne i wewnętrzne pływaków oraz na pokład górny należy wyznaczyć wg punktu 16.2.2.

Wartości ciśnień na dno pomostu należy przyjąć takie jak dla burty wewnętrznej, w miejscu jej połączenia z pomostem.

W przypadku pomostu obowiązują również wartości ciśnień uderowych (od slemingu) wyznaczone wg 25.6.5.

Obliczeniowe obciążenie ścian nadbudów należy określać wg wymagań podrozdziału 10.4.

25.6.2.3 W przypadku katamaranów z ograniczonym rejonem żeglugi jest dopuszczalna redukcja obciążeń wg 25.1.1.2.

25.6.3 Obciążenia uderowe dna pływaków

25.6.3.1 Obliczeniowe ciśnienie uderowe działające na dno pływaków w części dziobowej należy obliczać wg wzoru:

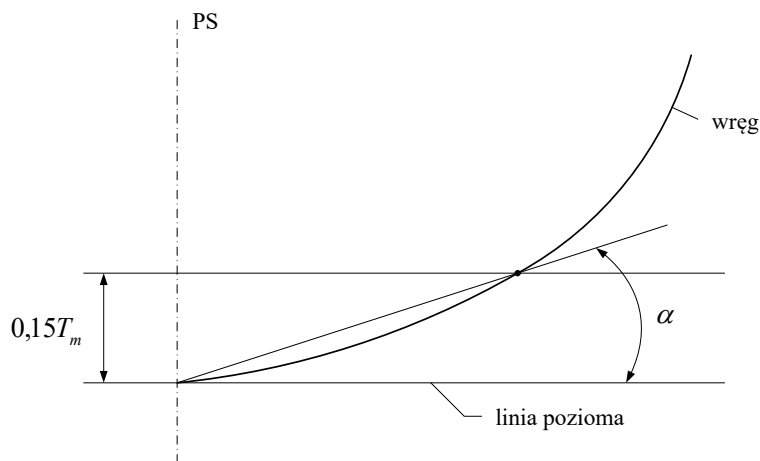
$$p_u = \frac{5L_0}{\operatorname{tg} \alpha} \left(1 - 20 \frac{T_m}{L_0}\right) \text{ [kPa]} \quad (25.6.3.1)$$

gdzie:

T_m – minimalna wartość zanurzenia na pionie dziobowym w zakładanych w eksploatacji stanach załadowania [m].

T_m należy wyznaczać jako pionową odległość pomiędzy wodnicą a najniższym punktem przekroju wręgowego;

α – kąt pochylenia względem poziomego dna w rozpatrywanym przekroju wręgowym; jeżeli nie występują płaskie fragmenty dna, to α należy określać zgodnie z rysunkiem 25.6.3.1.



Rys. 25.6.3.1. Sposób wyznaczania kąta α

Przyjęta do obliczeń wartość α nie musi być mniejsza niż 10° i nie może być większa niż 30° .

Jeżeli p_u obliczone wg wzoru 25.6.3.1 jest ujemne, to należy przyjąć $p_u = 0$.

25.6.3.2 Ciśnienie p_u określone wg wzoru 25.6.3.1 obciąża dno w obszarze poniżej górnego punktu zaokrąglenia obła lub poniżej poziomego załamania dna przy burtach i nie wyżej niż $0,25T_m$ ponad poziom dolnego punktu wręgu w PS.

25.6.3.3 Ciśnienie p_u wyznaczone wg 25.6.3.1 należy stosować w obszarze dna o długości $0,35L_0$, od PD w stronę rufy.

W obszarze dna pomiędzy przekrojami wręgowymi w odległościach $0,35L_0$ i $0,5L_0$ od PD ciśnienie udarowe zmniejsza się liniowo w funkcji współrzędnej x od wartości określonej wyżej do wartości zerowej.

25.6.4 Obciążenia udarowe burt pływaków

25.6.4.1 Ciśnienie udarowe działające na poszycie burt w dziobowym rejonie pływaków, na długości $0,3L_0$ od PD, należy określać wg punktu 7.4.5, traktując każdy z pływaków jak statek.

Ciśnienia te obciążają poszycie burt pływaków powyżej rejonu działania ciśnień p_u na dno, określonego w 25.6.3.2, do poziomu pokładu górnego (lub pomostu) lub dolnej granicy rejonu, gdzie burty są pionowe.

25.6.5 Obciążenia udarowe dna pomostu

25.6.5.1 Ciśnienie udarowe na dno pomostu katamaranu należy obliczać według wzoru:

$$p_u = c(x) \cdot 750 \left(1 - \frac{h_0}{h_L}\right) \text{ [kPa]} \quad (25.6.5.1)$$

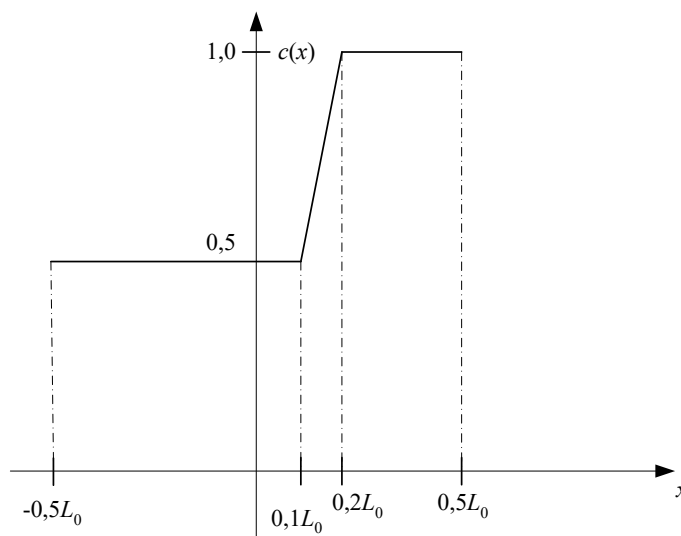
gdzie:

$c(x)$ – współczynnik o wartościach zależnych od współrzędnej x , którego wykres przedstawiono na rys. 25.6.5.1;

h_0 – pionowa odległość pomiędzy punktem dna pomostu, w którym określone jest ciśnienie p_u , a wodnicą przy maksymalnym dopuszczalnym zanurzeniu pływaków katamaranu [m];

h_L – minimalna wartość odległości dna pomostu od wodnicy, przy której nie występują uderzenia o powierzchnię wody [m]; wartości h_L w zależności od L_0 podano w tabeli 25.6.5.1; dla pośrednich wartości L_0 należy stosować interpolację liniową.

Jeżeli p_u obliczone wg wzoru 25.6.5.1 jest ujemne, to należy przyjąć $p_u = 0$.



Rys. 25.6.5.1. Wartość $c(x)$

Tabela 25.6.5.1
Wartość h_L

L_0 [m]	h_L [m]
25	1,54
30	1,82
40	2,36
50	2,86
60	3,32
70	3,75
80	4,15
90	4,51

25.6.6 Ciśnienie cieczy w zbiornikach

25.6.6.1 W analizie wytrzymałości konstrukcji kadłuba katamaranu należy uwzględnić ciśnienia p_6 , p_7 i p_8 określone według wymagań podrozdziału 16.3.2.

Przyspieszenie a_v należy przy tym wyznaczyć zgodnie z wymaganiami punktu 25.6.2.1.

25.6.7 Oddziaływanie ładunków

25.6.7.1 Oddziaływanie ładunków na konstrukcję kadłuba katamaranu należy wyznaczać wg wymagań podrozdziału 16.4, stosując dodatkowo wymagania punktu 25.6.2.1.

25.6.8 Momenty zginające i siły poprzeczne w warunkach zginania katamaranu w płaszczyźnie pionowej

25.6.8.1 Moment M_s zginający kadłub katamaranu na wodzie spokojnej należy wyznaczyć wg zasad określonych w podrozdziale 15.4.4, podstawiając zamiast B sumaryczną szerokość B_s obu pływaków.

25.6.8.2 Obliczeniową wartość pionowego momentu falowego M_w w całym kadłubie katamaranu, w rejonie $-0,1L_0 < x < 0,15L_0$, należy określać wg wzorów:

– w ugięciu

$$M_w = M_{wu} = -0,11C_w L_0^2 (B - cB_p)(\delta + 0,7) \quad [\text{kNm}] \quad (25.6.8.2-1)$$

– w wygięciu

$$M_w = M_{ww} = 0,19C_w L_0^2 (B - cB_p)\delta \quad [\text{kNm}] \quad (25.6.8.2-2)$$

gdzie:

L_0, B, B_p, δ – zdefiniowano w 25.1.2;

C_w – wyznaczać wg 17.2.2;

c – współczynnik o wartościach podanych w tabeli 25.6.8.2, zależnych od z_p, T i C_w (patrz 25.1.2).

Tabela 25.6.8.2
Wartość współczynnika c

$\frac{C_w}{T}$	$\frac{z_p}{T}$					
	$\leq 1,5$	1,75	2,0	2,25	2,5	$\geq 3,0$
$\leq 1,5$	0,29	0,36	0,43	0,50	0,57	0,71
2,0	0,22	0,28	0,33	0,39	0,44	0,56
2,5	0,18	0,23	0,27	0,32	0,36	0,45
3,0	0,15	0,19	0,23	0,27	0,31	0,38
3,5	0,13	0,17	0,20	0,23	0,27	0,33
4,0	0,12	0,15	0,18	0,21	0,24	0,29
$\geq 4,5$	0,11	0,13	0,16	0,18	0,21	0,26

Wartość współczynnika c dla pośrednich wartości C_w/T i z_p/T należy określać metodą interpolacji liniowej.

25.6.8.3 Rozkład M_w po długości katamaranu należy przyjmować wg 15.5.2.1.

W przypadku pływaków katamaranu o znacznie rozchylonych wręgach w części dziobowej powyżej wodnicy konstrukcyjnej, PRS może wymagać zwiększenia M_{wu} o 20%. Wówczas rozkład M_{wu} po długości statku jest taki jak wykres k_{wu} na rysunku 15.5.2.2.

25.6.8.4 Obliczeniową wartość siły poprzecznej w kadłubie katamaranu należy obliczać wg wzoru:

$$Q = k_Q \cdot 5M/L_0 \quad [\text{kN}] \quad (25.6.8.4)$$

gdzie:

M – całkowity moment zginający o większej wartości spośród $M_s + |M_{wu}|$ i $M_s + M_{ww}$ [kNm],

k_Q – współczynnik liczbowy o wartościach:

$$k_Q = 0 \quad \text{dla } x = -0,5L_0 \text{ i } x = 0,5L_0$$

$$k_Q = 1,0 \quad \text{dla } -0,35L_0 \leq x \leq 0,35L_0$$

Wartości k_Q w rejonach $-0,5L_0 < x < -0,35L_0$ i $0,35L_0 < x < 0,5L_0$ zmieniają się liniowo.

25.6.9 Poprzeczny moment zginający

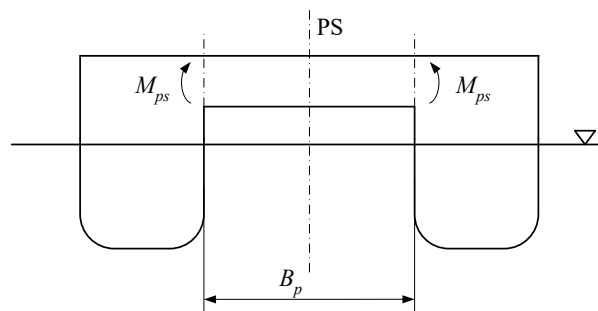
25.6.9.1 Poprzeczny moment zginający pomost katamaranu na wodzie spokojnej M_{ps} (rys. 25.6.9.1) należy wyznaczyć na podstawie rozkładu masy statku w kierunku poprzecznym i przyjmując wartość maksymalną jako wartość obliczeniową.

Przyjęta do obliczeń wytrzymałości pomostu wartość M_{ps} nie powinna być mniejsza niż:

$$M_{ps} = 0,125gDB_p \quad [\text{kNm}] \quad (25.6.9.1)$$

gdzie:

D, B_p – patrz 25.1.2.



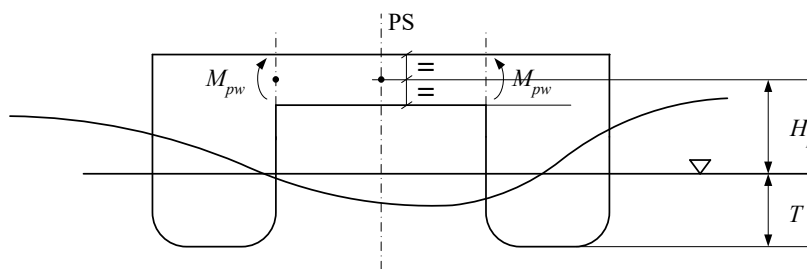
Rys. 25.6.9.1. Poprzeczny moment zginający na wodzie spokojnej

25.6.9.2 Poprzeczny falowy moment zginający M_{pw} (rys. 25.6.9.2) należy obliczać wg wzoru:

$$M_{pw} = 8,4L_0T^2H_p \quad [\text{kNm}] \quad (25.6.9.2)$$

gdzie:

L_0, T, H_p – patrz 25.1.2.



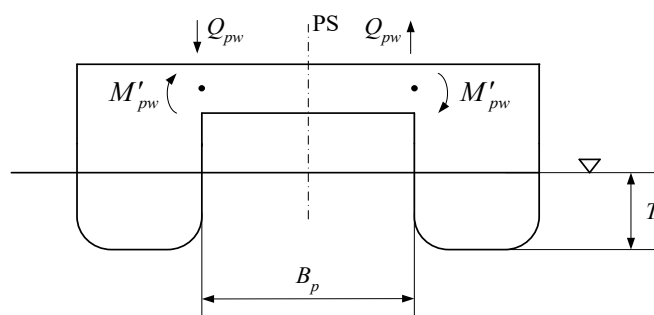
Rys. 25.6.9.2

25.6.9.3 Poprzeczną siłę ścinającą pomost w warunkach falowania wody, Q_{pw} , (rys. 25.6.9.3) należy obliczać wg wzoru:

$$Q_{pw} = 2L_0T \quad [\text{kN}] \quad (25.6.9.3-1)$$

Momenty zginające M'_{pw} towarzyszące sile Q_{pw} (rys. 25.6.9.3) należy obliczać ze wzoru:

$$M'_{pw} = 0,5Q_{pw} \cdot B_p \quad [\text{kNm}] \quad (25.6.9.3-2)$$



Rys. 25.6.9.3 M

25.6.10 Moment skracający pomost względem osi poprzecznej

25.6.10.1 Moment M_{sk} skracający pomost względem osi poprzecznej (rys. 25.6.10.1) należy obliczać wg wzoru:

$$M_{sk} = M_{sw} + M_{ss} \quad [\text{kNm}] \quad (25.6.10.1-1)$$

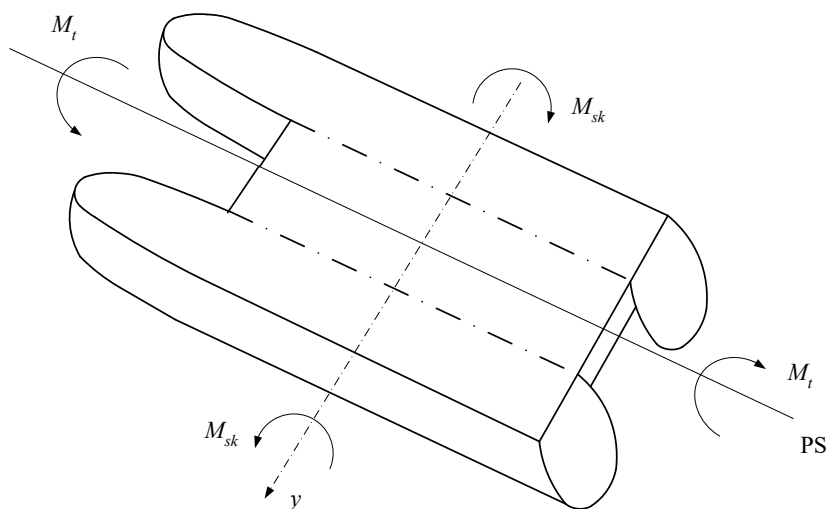
gdzie:

M_{sw} – falowy moment skracający obliczony wg wzoru:

$$M_{sw} = 2,5L_0^2 B_1 \quad [\text{kNm}] \quad (25.6.10.1-2)$$

M_{ss} – moment skracający na wodzie spokojnej [kNm].

Do obliczeń wytrzymałości pomostu należy przyjąć największą wartość M_{ss} , wyznaczoną dla realnych sposobów rozłożenia wzdłuż katamaranu ciężaru ładunków, zapasów i balastu, ale nie mniejszą niż $0,5M_{sw}$.



Rys. 25.6.10.1

25.6.11 Moment skracający katamaran względem osi wzdłużnej

25.6.11.1 Wartość w płaszczyźnie owręza momentu M_t skracającego katamaran względem osi wzdłużnej (rys. 25.6.11.1) należy obliczać wg wzoru:

$$M_t = 0,25gD(B - B_1) \quad [\text{kNm}] \quad (25.6.11.1)$$

25.6.11.2 Należy założyć liniowy rozkład $M_t(x)$ na odcinkach pomiędzy owrężem a pionami dziobowym i rufowym, gdzie $M_t(x) = 0$.

26 WZMOCNIENIA LODOWE I SPECJALNE

26.1 Zasady ogólne

26.1.1 Zastosowanie

26.1.1.1 Wymagania dotyczące dodatkowego znaku klasy podano w *Publikacji 122/P – Requirements for Ice Baltic Class and Polar Class for Ships under PRS Supervision*. Dodatkowo, statki eksploatowane na wodach polarnych powinny spełniać wymagania podane w *Rozdziale 3 – Konstrukcja statku* oraz w *Rozdziale 4 Części I-B – Dodatkowe wytyczne do rozdziału 3 (Konstrukcja statku) Międzynarodowego kodeksu dla statków żeglujących na wodach polarnych (Kodeks polarny)* (Rezolucja MSC.385(94)).

26.1.1.2 Wymagania podrozdziału 26.2 mają zastosowanie do statków z ładowniami przystosowanymi do prowadzenia prac przeładunkowych z użyciem chwytaków.

26.1.1.3 Wymagania podrozdziału 26.3 mają zastosowanie do statków osiadających na dnie akwenu portowego podczas przeładunku.

26.1.1.4 Wymagania niniejszego rozdziału należy traktować jako uzupełnienie wymagań podstawowych podanych w rozdziałach 1–17.

26.2 Wzmocnienia dla prac przeładunkowych z użyciem chwytaków

26.2.1 Grubość poszycia dna wewnętrznego, poszycia nachylonych części grodzi w ładowniach oraz poszycia grodzi pionowych do wysokości co najmniej 1,5 m powyżej dna wewnętrznego nie może być mniejsza od obliczonej według wzoru:

$$t = 11,5 \left(\frac{s+0,8}{\sqrt{k}} \right) + t_k \quad t = 11,5 \left(\frac{s+0,8}{\sqrt{k}} \right) + t_k \quad [\text{mm}] \quad (26.4.1)$$

26.2.2 Grubość zrębnic luków ładunkowych pokładu górnego powinna być nie mniejsza niż 15 mm.

26.3 Wzmocnienia statku osiadającego na dnie

26.3.1 Dno podwójne usztywnione poprzecznie powinno mieć pełne denniki na każdym wręgu oraz dodatkowe wzdłużniki boczne na całej długości dna podwójnego. Odległość pomiędzy tymi wzdłużnikami nie powinna być większa niż 2 m. Dno podwójne usztywnione wzdłużnie powinno mieć wzdłużniki boczne na miejscu wzdłużnych wręgów dennych oraz denniki, które należy zamontować na całej długości dna w odstępach zmniejszonych o połowę w stosunku do określonych w 6.2.6.

26.3.2 W dnie pojedynczym grubość płyt wzdłużników bocznych i denników powinna być zwiększona o 10%.

Usytuowanie wzdłużników bocznych i denników powinno spełniać wymagania określone dla dna podwójnego.

27 DODATKOWE WYMAGANIA DLA STATKÓW NIEBĘDĄCYCH MASOWCAMI, SPORADYCZNIE TRANSPORTUJĄCYCH ŁADUNKI

27.1 Zakres zastosowania

Wymagania rozdziału 27 mają zastosowanie do statków z dodatkowym znakiem w symbolu klasy **DRY CARGO SHIP**, które spełniają następujące warunki:

- mają inny układ konstrukcyjny niż określono to w podrozdziale 20.1.2;
- są sporadycznie wykorzystywane do transportu ładunków masowych luzem (innych niż wymienione w 20.1.1.2).

Wymagania dla statków o podwójnych burtach podano w podrozdziale 27.2, a dla statków o burtach pojedynczych – w podrozdziale 27.3.

27.2 Statki o podwójnych burtach

Sporadyczny transport ładunków masowych luzem jest dopuszczalny, jeżeli statek spełnia następujące wymagania:

- .1 statek ma wyznaczoną wolną burtę typu B (tzn. nie stosuje się zmniejszonej wolnej burty);
- .2 podwójna burta spełnia wymagania określone w 20.11.2 i 20.11.3;
- .3 statek jest wyposażony w przyrząd kontroli obciążenia (kalkulator ładunkowy) spełniający wymagania jak w przypadku masowców (patrz 15.13 i SOLAS – XII/11);
- .4 zastosowano powłoki ochronne we wszystkich zbiornikach przeznaczonych do balastowania wodą morską oraz jeżeli statek ma długość 150 m lub większą – w przestrzeniach burt podwójnych zgodnie z 2.4.1;
- .5 zastosowano sygnalizatory poziomu wody oraz urządzenia osuszające i pompujące zgodnie z podrozdziałem 22.9 z Części VI – *Urządzenia maszynowe i urządzenia chłodnicze*.

27.3 Statki o burtach pojedynczych

Sporadyczny transport ładunków masowych luzem jest dopuszczalny, jeżeli statek spełnia następujące wymagania:

- .1 długość statku jest mniejsza niż 100 m;
- .2 statek ma wyznaczoną wolną burtę typu B (tzn. nie stosuje się zmniejszonej wolnej burty);
- .3 statek jest wyposażony w przyrząd kontroli obciążenia (kalkulator ładunkowy) spełniający wymagania jak dla masowców (patrz 15.13 i SOLAS – XII/11);
- .4 zastosowano powłoki ochronne we wszystkich zbiornikach przeznaczonych do balastowania wodą morską;
- .5 zastosowano sygnalizatory poziomu wody oraz urządzenia osuszające i pompujące zgodnie z podrozdziałem 22.9 z Części VI – *Urządzenia maszynowe i urządzenia chłodnicze*.

28 DODATKOWE WYMAGANIA DLA STATKÓW EFEKTYWNYCH ENERGETYCZNIE

28.1 Zakres zastosowania

Wymagania niniejszego rozdziału mają zastosowanie do statków nowych lub poddanych znacznej przebudowie, o pojemności brutto 400 i większej oraz uprawiających żeglugę międzynarodową, określonych w prawie 21 Załącznika VI do *Konwencji MARPOL*, zgodnie z definicjami podanymi w prawie 2.23 i 2.24 Załącznika VI do *Konwencji MARPOL*.

28.2 Zakres wymaganej dokumentacji

Zakres dokumentacji na każdym etapie oraz wymagania są określone w *Wytycznych przeglądów i certyfikacji projektowego wskaźnika efektywności energetycznej (EEDI)* i w *Wytycznych dla przemysłu do obliczania i weryfikacji projektowego wskaźnika efektywności energetycznej (EEDI)*, zawartych w *Publikacji 103/P*.

Przed rozpoczęciem i w trakcie budowy lub przebudowy kadłuba należy przedstawić Centrali PRS do rozpatrzenia i zatwierdzenia dokumentację wymaganą na poszczególnych etapach projektowania, łącznie z dokumentacją opracowaną po wykonanych próbach morskich.

28.3 Dodatkowy znak w symbolu klasy

Statki, dla których osiągnięty projektowy wskaźnik efektywności energetycznej EEDI nie przekracza wymaganego EEDI (obliczonego dla danego okresu czasu), mogą otrzymać dodatkowy znak w symbolu klasy: **ECO EF**, zgodnie z *Częścią I – Zasady klasyfikacji* oraz *Publikacją 106/P – Przepisy ekologicznego znaku klasy*.

29 STATKI DO ZWALCZANIA ZANIECZYSZCZEŃ CHEMICZNYCH

29.1 Zasady ogólne

29.1.1 Zastosowanie

Wymagania niniejszego rozdziału mają zastosowanie do statków przeznaczonych do zwalczania zanieczyszczeń chemicznych. Poniższe wymagania należy traktować jako uzupełnienie wymagań podstawowych, zawartych w rozdziałach 1 ÷ 17.

29.1.2 Klasyfikacja

Statkom spełniającym wymagania niniejszego rozdziału mogą zostać nadane następujące znaki dodatkowe w symbolu klasy:

- .1 dla statków do zwalczania rozlewów olejowych:

OIL RECOVERY VESSEL

- .2 dla statków do zwalczania zanieczyszczeń chemicznych:

CHEMICAL RECOVERY VESSEL.

29.1.3 Wymagania ogólne

29.1.3.1 Konstrukcja statku powinna umożliwiać pływanie na wodach zaolejonych i w atmosferze niebezpiecznej. Powinna być odporna na działanie substancji niebezpiecznych lub powodujących korozję oraz substancji o punkcie zapłonu nieprzekraczającym 60°C.

29.1.3.2 Kadłub statku powinien być zasadniczo zbudowany ze stali. Jeżeli statek ma mieć ograniczony zakres funkcji usuwania rozlewów, jego kadłub może być skonstruowany z innych materiałów niż stal, co podlega każdorazowo zatwierdzeniu przez PRS. W przypadku ograniczeń odnoszących się do przewozu niektórych substancji niebezpiecznych lub ograniczeń co do działania statku w atmosferze niebezpiecznej, statek otrzymuje listę dopuszczalnych do przewozu substancji jako załącznik do *Świadectwa klasy*.

29.2 Definicje

29.2.1 Dodatkowo do definicji strefy niebezpiecznej, zawartej w podrozdziale 1.2 *Części I Przepisów*, dla celów niniejszego rozdziału wprowadza się wyszczególnienie rejonów statku, które normalnie obejmuje dana strefa (patrz tabela 29.2.1).

Tabela 29.2.1

Strefa 0	
1	zbiorniki ładunkowe na substancje niebezpieczne oraz wnętrza rurociągów i zbiorników należących do systemu obsługującego zbiorniki ładunkowe;
2	rejon do wysokości 1 m ponad wodnicę statku w stanie balastowym.
Uwaga: W odniesieniu do statków określonych w 29.1.2.2 całe otoczenie statku aż do wysokości jego górnych świateł nawigacyjnych powinno być uważane za Strefę 0.	
Strefa 1	
1	koferdamy i inne przestrzenie przylegające do zbiorników ładunkowych;
2	pompownie pomp ładunkowych;
3	zamknięte lub częściowo zamknięte przestrzenie bezpośrednio nad zbiornikami ładunkowymi lub z granicami w jednej płaszczyźnie z grodziami zbiorników ładunkowych;
4	przestrzenie do składowania elastycznych węży ładunkowych i wyposażenia do usuwania skażeń chemicznych;
5	ładownie dla substancji niebezpiecznych;

6	rejon na otwartych pokładach, łącznie z przestrzeniami częściowo zamkniętymi, w obrębie stref o promieniu 3 m, których środkami są otwory zbiorników i otwory prowadzące do pompowni, ładowni lub koferdamów (np. luki ładunkowe, otwory inspekcyjne i wentylacyjne, wejścia); Uwaga: W odniesieniu do statków określonych w 29.1.2.2 cała powierzchnia otwartego pokładu jest uważana za Strefę 0.
7	otwarty pokład nad Strefą 0 na całej długości i szerokości statku do wysokości 3 m ponad najwyższym ciągłym pokładem. Na statkach, których najwyższy ciągły pokład stanowi Strefę 0, Strefa 1 rozciąga się do wysokości 3 m ponad Strefę 0 (nie dotyczy statków określonych w 29.1.2.2);
8	przestrzeń nieposiadające systemu wentylacji nadciśnieniowej, bezpośrednio dostępne (tzn. bez śluzy powietrznej) z rejonu niebezpiecznego w Strefie 1 lub z otworem skierowanym w jego stronę;
9	przestrzeń zamknięte lub częściowo zamknięte z rurociągami należącymi do systemu obsługującego zbiorniki ładunkowe.
Strefa 2	
1	rejon nad rejonami niebezpiecznymi w Strefie 1 na całej długości i szerokości statku;
2	przestrzeń nieposiadające systemu wentylacji nadciśnieniowej, bezpośrednio dostępne (tzn. bez śluzy powietrznej) z rejonu niebezpiecznego w Strefie 2 lub z otworem skierowanym w jego stronę.

29.2.2 Przestrzeń ładunkowa – rejon statku obejmujący wszystkie przedziały i zbiorniki, łącznie ze zbiornikami resztkowymi, przeznaczony do przewozu substancji ciekłych lub stałych w opakowaniach, lub ładunku masowego. Dodatkowo, do przestrzeni ładunkowej zalicza się pompownie pomp ładunkowych, pompownie pomp balastowych, koferdamy, zbiorniki ładunkowe lub puste przestrzenie przylegające do zbiorników ładunkowych, zbiorników resztkowych oraz rejon pokładów rozciągające się na całą długość i szerokość statku ponad ww. przestrzeniami.

Zgodnie z tą definicją, wszystkie zbiorniki używane do czasowego składowania substancji, takie jak zbiorniki osadowe, powinny być uważane za zbiorniki ładunkowe/resztkowe.

29.3 Podział przestrzenny

29.3.1 Podział na ładownie należy projektować biorąc pod uwagę ich przeznaczenie dla przewożonych substancji, maksymalną przewidywaną masę oraz wymagany dla tych substancji rodzaj opakowania zgodny z rozdziałem 4 *Kodeksu IMDG*.

29.3.2 Rozmieszczenie zbiorników substancji niebezpiecznych w kadłubie powinno być zgodne z wymaganiami dla chemikaliowca typu 1, opisanymi w punkcie 2.6.1 *Kodeksu IBC*. Dodatkowe wymagania dotyczące segregacji substancji, determinujące ilość typów i przeznaczenie zbiorników, znajdują się w podrozdziale 3.1 oraz w rozdziałach 4 i 15 *Kodeksu IBC*.

29.3.3 Położenie pomieszczeń mieszkalnych, służbowych, przedziału maszynowego i posterunków dowodzenia w stosunku do przestrzeni ładunkowej oraz zbiorników powinno spełniać wymagania punktu 3.2.1 *Kodeksu IBC*.

29.3.4 Na statku powinno znajdować się wydzielone centrum operacyjne (definicja – patrz podrozdział 1.2 z *Części I Przepisów*).

29.3.5 Wszystkie wejścia do cytadeli powinny być zaopatrzone w służę powietrzną.

29.4 Konstrukcja zbiorników

29.4.1 Materiały do konstrukcji zbiorników substancji niebezpiecznych powinny spełniać wymagania rozdziału 6 *Kodeksu IBC*.

29.4.2 Konstrukcja zbiorników wstawianych i ich podparcia w kadłubie powinny spełniać wymagania rozdziału 6.7 *Kodeksu IMDG*.

30 WYMIANA WÓD BALASTOWYCH W MORZU

30.1 Informacja ogólna

IMO oceniła i uznała następujące sposoby wymiany wód balastowych w morzu:

- metoda sekwencyjna – proces, w wyniku którego zbiornik balastowy przeznaczony do przewozu wody balastowej jest opróżniany, a następnie napełniany nową wodą balastową, aby osiągnąć wymianę przynajmniej 96% objętości wody;
- metoda przepływowa – proces, w wyniku którego nowa woda balastowa jest pompowana do zbiornika balastowego przeznaczonego do przewozu wody balastowej pozwalając, by woda wypływała przez rury przelewowe lub inną drogą. Należy w ten sposób przepompować przez zbiornik co najmniej trzy pojemności zbiornika.

30.2 Postępowanie z wodami balastowymi

Po określeniu metod wymiany wód balastowych należy umieścić instrukcję postępowania dla właściwej metody sekwencyjnej lub przepływowej wraz z warunkami bezpieczeństwa w *Planie postępowania z wodami balastowymi*.

Opracowane statkowe stany załadowania dla metody wymiany wód balastowych i wyniki obliczeń należy przedstawić PRS w celu wykazania, iż stany załadowania spełniają właściwe wymagania dotyczące pojemności zbiorników balastowych, stabilności przegłębienia, wytrzymałości wzdłużnej i wytrzymałości lokalnej. Powyższe stany załadowania należy przedstawić do zatwierdzenia.

Powinny być spełnione wymagania rezolucji MEPC.149(55) oraz rezolucji MEPC.288(71).

SUPLEMENT WYMAGANIA RETROAKTYWNE

1 ZASADY OGÓLNE

1.1 Zastosowanie

1.1.1 Wymagania niniejszego *Suplementu* odnoszą się do statków istniejących. Szczegółowe wymagania podano w poniższych podrozdziałach 2.1 do 2.6.

1.1.2 Zakres dokumentacji podlegającej rozpatrzeniu i zatwierdzeniu przez PRS ustalany jest każdorazowo przez PRS.

1.2 Termin wprowadzenia zmian dotyczących istniejących masowców

1.2.1 Wymagania podane poniżej w 2.1 i 2.2 powinny być stosowane łącznie z wymaganiami dotyczącymi stateczności awaryjnej, określonymi w p. 5.3.4.2 w *Cz. IV Przepisów klasyfikacji i budowy statków morskich*.

1.2.2 Wymagania wymienione w p. 1.2.1 powinny być spełnione według następującego harmonogramu:

- a) statki, które 1 lipca 1998 r. miały 20 lat lub więcej – do daty najbliższego przeglądu pośredniego lub przeglądu dla odnowienia klasy przypadającego po 1 lipca 1998 r., zależnie od tego, który z przeglądów miał być wykonany wcześniej;
- b) statki, które 1 lipca 1998 r. miały 15 lat lub więcej, lecz mniej niż 20 – do daty pierwszego przeglądu dla odnowienia klasy przypadającego po 1 lipca 1998 r., lecz nie później niż do 1 lipca 2002 r.;
- c) statki, które 1 lipca 1998 r. miały 10 lat lub więcej, lecz mniej niż 15 – do daty najbliższego przeglądu pośredniego lub przeglądu dla odnowienia klasy przypadającego po dacie, kiedy statek osiąga 15 lat, lecz nie później niż do dnia, w którym statek osiąga wiek 17 lat;
- d) statki, które 1 lipca 1998 r. miały 5 lat lub więcej, lecz mniej niż 10 – do daty najbliższego przeglądu pośredniego przypadającego po 1 lipca 2003 r. lub przeglądu dla odnowienia klasy przypadającego po dacie, kiedy statek osiąga wiek 10 lat, zależnie od tego, który z przeglądów miał być wykonany wcześniej;
- e) statki, które 1 lipca 1998 r. miały mniej niż 5 lat – do daty, kiedy osiągną wiek 10 lat.

1.3 Sytuacje eliminujące konieczność spełnienia kryteriów wytrzymałości grodzi pomiędzy ładowniami 1 i 2 oraz dna podwójnego w ładowni 1 w warunkach zatopienia ładowni

Zgodnie z wymaganiami SOLAS XII/9 masowce budowane przed 1.07.1999, w których zastosowano zbyt małą liczbę grodzi poprzecznych aby mogły być spełnione określone w SOLAS XII/4.3 kryteria stateczności w warunkach zatopienia ładowni nr 1, mogą być zwolnione z konieczności spełnienia kryteriów wytrzymałości grodzi falistej pomiędzy ładowniami 1 i 2 (wg p. 2.1) i wytrzymałości dna podwójnego w ładowni 1 (wg p. 2.2), pod warunkiem spełnienia poniższych wymagań:

- a) zwiększenie wymagań dotyczących okresowych przeglądów kadłuba w rejonie ładowni 1;
- b) zastosowanie instalacji wykrywających i sygnalizujących wodę w ładowniach statku i w tunelu taśmowego przenośnika ładunku w warunkach awaryjnego zalewania tych przestrzeni;
- c) opracowanie dokumentu opisującego możliwe scenariusze awaryjnego zatapiania ładowni oraz opracowanie procedury ewakuacji załogi statku w sytuacjach awaryjnych.

Szczegółowe wymagania dotyczące sposobu spełnienia powyższych wymagań a) do c) są określone w SOLAS XII/9 oraz w interpretacji IACS S.C.154.

2 WYMAGANIA DOTYCZĄCE ISTNIEJĄCYCH MASOWCÓW

2.1 Obliczanie wymiarów poprzecznej wodoszczelnej grodzi falistej pomiędzy ładowniami nr 1 i 2, z zalaną ładownią nr 1

2.1.1 Zastosowanie i objaśnienia

Poniższe wymagania dotyczą masowców o długości $L_0 \geq 150$ m, jednopokładowych, posiadających zbiorniki szczytowe i obłowe, posiadających faliste grodzie wodoszczelne o profilach pionowych pomiędzy ładowniami nr 1 i nr 2, przeznaczonych do przewozu w ładowni dziobowej stałych ładunków masowych o gęstości $1,78 \text{ t/m}^3$ lub większej, które, oprócz wyżej wymienionych, mają następujące cechy:

- .1 a) ich ładownia dziobowa (nr 1) ma pojedyncze burty,
b) nie spełniają wymagań podrozdziału 20.7,
c) kontrakt na ich budowę został zawarty przed 1 lipca 1998 r.;
- .2 a) ich ładownia dziobowa (nr 1) ma podwójne burty o szerokości mniejszej niż 760 mm (mierzonej prostopadle do poszycia zewnętrznego),
b) nie spełniają wymagań podrozdziału 20.7,
c) ich stępka została położona (lub były na podobnym etapie budowy) przed 1 lipca 1999 r.

Wymiary netto elementów grodzi poprzecznej między ładowniami nr 1 i 2 mają być obliczane przy zastosowaniu obciążeń podanych w 2.1.2, momentu zginającego i siły ścinającej, obliczonych wg 2.1.3 i kryteriów wytrzymałościowych podanych w 2.1.4.

W sytuacji, gdy zachodzi konieczność wymiany części grodzi lub jej wzmocnienia, należy stosować wymagania podane w 2.1.6.

Termin „stan załadowania równomiernego” w niniejszych wymaganiach oznacza taki sposób załadowania statku, w którym stosunek największej do najmniejszej wartości współczynnika zapełnienia ładowni dziobowych (ładownie nr 1 i 2) nie przekracza 1,20 – przy odpowiedniej korekcie w przypadku różnych gęstości ładunku.

2.1.2 Obciążenie grodzi

2.1.2.1 Zasady ogólne

Obciążenie grodzi jest superpozycją obciążenia od ładunku i od wody, która zalała ładownię nr 1.

Do sprawdzenia wymiarów grodzi należy zastosować maksymalne wartości obciążeń spowodowanych ładunkiem oraz zalaniem – w zależności od stanów załadowania zawartych w instrukcji ładowania:

- stany załadowania równomiernego;
- stany załadowania nierównomiernego.

Międzyportowe stany załadowania nierównomiernego, częściowego, wynikające z operacji ładunkowych prowadzonych na statku załadowanym początkowo równomiernie nie muszą być uwzględniane wg niniejszych wymagań.

2.1.2.2 Poziom wody po zalaniu ładowni

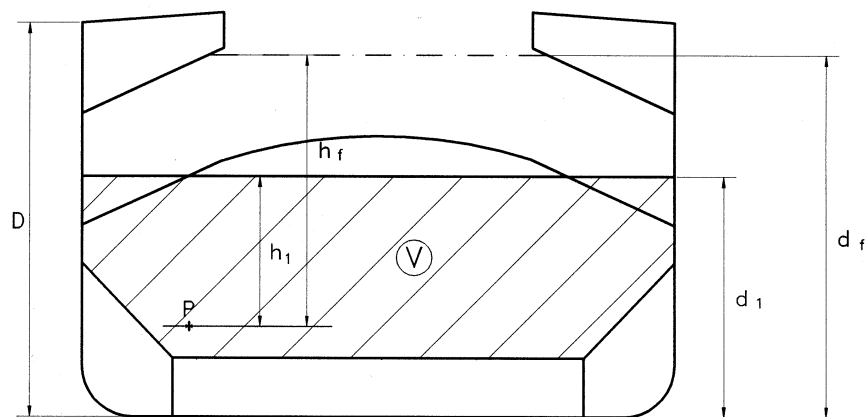
Wysokość słupa wody h_f (patrz rys. 2.1.2.2) to mierzona w pionie odległość na statku wyprostowanym pomiędzy punktem obliczeniowym a poziomem znajdującym się w odległości d_f od płaszczyzny podstawowej; h_f i d_f należy mierzyć w metrach.

Należy przyjmować następujące wartości d_f :

- a) generalnie:
 - D ;
- b) w przypadku statków o nośności mniejszej niż 50 000 ton z wolną burtą typu B:
 - $0,95D$.

D – to odległość wyrażona w metrach od płaszczyzny podstawowej do pokładu wolnej burty, przy burcie w płaszczyźnie owręza (patrz rys. 2.1.2.2);

- c) w przypadku statków eksploatowanych z oznaczoną obniżoną wodnicą ładunkową, o zanurzeniu T_r mniejszym niż zanurzenie T odpowiadające dopuszczalnej wodnicy ładunkowej, wysokości zalania określone w punktach a) i b) mogą być zmniejszone o $T - T_r$.



V = Objętość ładunku

P = Punkt obliczeniowy

Rys. 2.1.2.2

2.1.2.3 Ciśnienie w zalanej ładowni

2.1.2.3.1 Ciśnienie obciążające gródz powinno być wyznaczone w jednym z dwóch możliwych wariantów, w zależności od relacji pomiędzy d_1 i d_f (rys. 2.1.2.2), gdzie d_1 jest odległością od płaszczyzny podstawowej, [m], obliczoną wg wzoru:

$$d_1 = \frac{M_c}{\rho_c l_c B} + \frac{V_{LS}}{l_c B} + (h_{HT} - h_{DB}) \frac{b_{HT}}{B} + h_{DB}$$

M_c – masa ładunku [t] w ładowni nr 1;

ρ_c – gęstość ładunku (masowego) [t/m³];

l_c – długość ładowni nr 1 [m];

B – szerokość statku na śródokręciu [m];

V_{LS} – objętość dolnego cokołu powyżej dna wewnętrznego [m³];

h_{HT} – wysokość zbiorników obłowych na śródokręciu, mierzona od płaszczyzny podstawowej, [m];

h_{DB} – wysokość dna podwójnego [m];

b_{HT} – szerokość zbiorników obłowych na śródokręciu [m].

- a) $d_f \geq d_1$

W każdym punkcie grodzi znajdującym się w odległości między d_1 a d_f od płaszczyzny podstawowej ciśnienie $p_{c,f}$ [kPa] wynosi:

$$p_{c,f} = \rho g h_f$$

gdzie:

ρ – gęstość wody morskiej [t/m³];

g – 9,81 m/s² – przyspieszenie ziemskie;

h_f – wysokość słupa wody – wg 2.1.2.2.

W każdym punkcie grodzi znajdującym się w odległości mniejszej niż d_1 od płaszczyzny podstawowej ciśnienie $p_{c,f}$ wyrażone w kPa, wynosi:

$$p_{c,f} = \rho g h_f + [\rho_c - \rho (1 - \text{perm})] g h_1 \text{tg}^2 \gamma$$

gdzie:

ρ, g, h_f – jak podano powyżej;

ρ_c – gęstość ładunku masowego [t/m³];

perm – współczynnik zatopienia ładunku; należy przyjąć 0,3 dla rudy (odpowiednią gęstość ładunku masowego dla rudy żelaza można przyjmować 3,0 t/m³);

h_1 – pionowa odległość, [m], od punktu obliczeniowego do poziomu znajdującego się w odległości d_1 , jak to określono powyżej, od płaszczyzny podstawowej;

γ – 45° – ($\phi/2$);

ϕ – kąt usypu ładunku, w stopniach, dla rudy żelaza można przyjmować 35°.

Siła $F_{c,f}$ wyrażona w kN, działająca na falę grodzi:

$$F_{c,f} = s_1 \left[\rho g \frac{(d_f - d_1)^2}{2} + \frac{\rho g (d_f - d_1) + (p_{c,f})_{le}}{2} (d_1 - h_{DB} - h_{LS}) \right]$$

gdzie:

s_1 – szerokość pojedynczej fali grodzi, [m], (patrz. rys. 2.1.2.3.1-1);

g, d_1, h_{DB} – jak podano powyżej;

d_f – jak podano w 2.1.2.2;

$(p_{c,f})_{le}$ – ciśnienie [kPa] $p_{c,f}$ na poziomie dolnego końca fali grodzi;

h_{LS} – wysokość dolnego cokołu, w metrach, mierzona od poziomu dna wewnętrznego.

b) $d_f < d_1$

W każdym punkcie grodzi znajdującym się w odległości pomiędzy d_f a d_1 od płaszczyzny podstawowej, ciśnienie $p_{c,f}$ [kPa] wynosi:

$$p_{c,f} = \rho_c g h_1 \text{tg}^2 \gamma$$

gdzie:

ρ_c, g, h_1, γ – jak podano powyżej w a).

W każdym punkcie grodzi znajdującym się w odległości mniejszej niż d_f od płaszczyzny podstawowej ciśnienie $p_{c,f}$ [kPa] wynosi:

$$p_{c,f} = \rho g h_f + [\rho_c h_1 - \rho (1 - \text{perm}) h_f] g \text{tg}^2 \gamma$$

gdzie:

$\rho, g, h_f, \rho_c, h_1, \text{perm}, \gamma$ – jak podano powyżej w a).

Siła $F_{c,f}$ [kN], działająca na falę grodzi, wynosi:

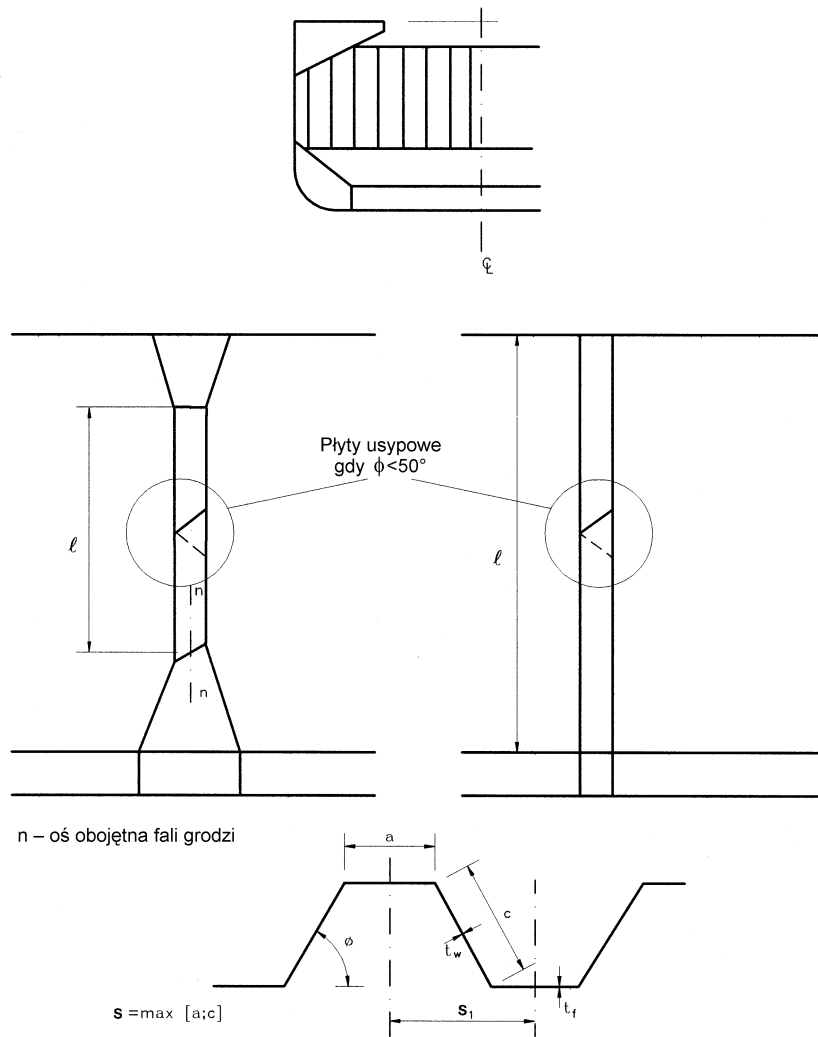
$$F_{c,f} = s_1 \left[\rho_c g \frac{(d_1 - d_f)^2}{2} \text{tg}^2 \gamma + \frac{\rho_c g (d_1 - d_f) \text{tg}^2 \gamma + (p_{c,f})_{le}}{2} (d_f - h_{DB} - h_{LS}) \right]$$

gdzie:

$s_1, \rho_c, g, \gamma, (p_{c,f})_{le}, h_{LS}$ – jak podano powyżej w a);

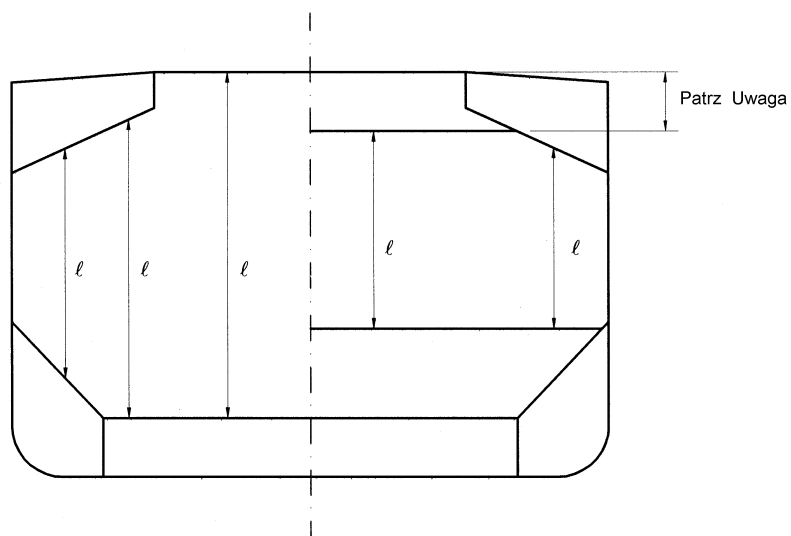
d_1, h_{DB} – jak podano w 2.1.2.3.1;

d_f – jak podano w 2.1.2.2.



n – oś obojętna fali grodzi

Rys. 2.1.2.3.1-1



Rys. 2.1.2.3.1-2

Uwaga: Przy określaniu l należy przyjmować, że dolna krawędź górnego cokołu grodzi leży w odległości od pokładu, mierzonej w płaszczyźnie symetrii statku, nie większej niż:

- generalnie – trzykrotna wysokość fal grodzi,
- przy cokołach prostokątnych – dwukrotna wysokość fal grodzi.

2.1.2.3.2 Ładownia pusta

W każdym punkcie grodzi należy przyjąć wartość ciśnienia hydrostatycznego p_f , które odpowiada wysokości h_f słupa wody.

Siła F_f działająca na fale grodzi [kN] wynosi:

$$F_f = s_1 \rho g \frac{(d_f - h_{DB} - h_{LS})^2}{2}$$

gdzie:

s_1, ρ, g, h_{LS} – jak w 2.1.2.3.1 a);

h_{DB} – jak w 2.1.2.3.1;

d_f – jak w 2.1.2.2.

2.1.2.4 Ciśnienie od ładunku masowego w ładowni niezalanej

W każdym punkcie grodzi ciśnienie p_c [kPa] wynosi:

$$p_c = \rho_c g h_1 \operatorname{tg}^2 \gamma$$

gdzie:

ρ_c, g, h_1, γ – jak w 2.1.2.3.1 a).

Siła F_c [kN] działająca na fale grodzi wynosi:

$$F_c = \rho_c g s_1 \frac{(d_1 - h_{DB} - h_{LS})^2}{2} \operatorname{tg}^2 \gamma$$

gdzie:

$\rho_c, g, s_1, h_{LS}, \gamma$ – jak w 2.1.2.3.1 a);

d_1, h_{DB} – jak w 2.1.2.3.1.

2.1.2.5 Ciśnienie wypadkowe

2.1.2.5.1 Stany załadowania równomiernego

W każdym punkcie konstrukcji grodzi ciśnienie wypadkowe p [kPa], które należy wziąć pod uwagę przy sprawdzaniu wytrzymałości grodzi, wynosi:

$$p = p_{c,f} - 0,8 p_c$$

Siła wypadkowa F wyrażona w kN, działająca na fale grodzi, wynosi:

$$F = F_{c,f} - 0,8 F_c$$

2.1.2.5.2 Stany załadowania nierównomiernego

W każdym punkcie konstrukcji grodzi ciśnienie wypadkowe p [kPa], które należy wziąć pod uwagę przy sprawdzaniu wytrzymałości grodzi, wynosi:

$$p = p_{c,f}$$

Siła wypadkowa F [kN], działająca na fale grodzi, wynosi:

$$F = F_{c,f}$$

W przypadku gdy ładownia nr 1 w stanach załadowania nierównomiernego nie może być załadowana, ciśnienie wypadkowe p [kPa], które należy wziąć pod uwagę przy sprawdzaniu wytrzymałości grodzi, wynosi:

$$p = p_f$$

a siła wypadkowa F [kN], działająca na fale grodzi, wynosi:

$$F = F_f$$

2.1.3 Moment zginający i siła ścinająca w przekrojach poprzecznych fal grodzi

Moment zginający M i siłę ścinającą Q w przekrojach poprzecznych fal grodzi należy obliczyć wg wzorów podanych w 2.1.3.1 i 2.1.3.2. Wartości M i Q należy zastosować przy sprawdzaniu kryteriów wytrzymałościowych wg 2.1.4.

2.1.3.1 Moment zginający

Obliczeniowa wartość momentu zginającego M [kNm] dla fal grodzi wynosi:

$$M = \frac{Fl}{8}$$

gdzie:

F – siła wypadkowa [kN] jak w 2.1.2.5;

l – rozpiętość fali, [m], którą należy określać wg rys. 2.1.2.3.1-1 i 2.1.2.3.1-2.

2.1.3.1.1 Siła ścinająca

Siła ścinająca Q [kN] w dolnym końcu fali grodzi wynosi:

$$Q = 0,8F$$

gdzie:

F – jak w 2.1.2.5.

2.1.4 Kryteria wytrzymałościowe

2.1.4.1 Zasady ogólne

Poniższe kryteria odnoszą się do grodzi poprzecznych o falach pionowych (patrz rys. 2.1.2.3.1-1).

Wymagania dotyczące grubości fal netto w warunkach zginania lokalnego podano w 2.1.4.7. Należy także spełnić wymagania podane w 2.1.4.2 i 2.1.4.5.

Tam gdzie kąt Φ pokazany na rys. 2.1.2.3.1-1 jest mniejszy niż 50° , należy zamontować naprzemianlegle poziomy rząd płyt usypowych mniej więcej w połowie rozpiętości fal (patrz rys. 2.1.2.3.1-1), aby zapewnić stateczność kształtu fal grodzi pod obciążeniem w warunkach zalania ładowni. Płyty usypowe powinny być przyspawane do fal obustronnie spoiną ciągłą. Nie należy spawać płyt usypowych do poszycia burty.

Grubość dolnych części fal stosowana w kryteriach podanych w 2.1.4.2 i 2.1.4.3 powinna być zastosowana do poziomu, który znajduje się w odległości nie mniejszej niż $0,15l$ od dna wewnętrzznego (jeżeli nie zastosowano dolnego cokołu grodzi) albo górnego wierzchołka cokołu.

Grubość środkowych części fal stosowana w kryteriach podanych w 2.1.4.2 i 2.1.4.4 powinna być zastosowana do poziomu, który znajduje się w odległości nie większej niż $0,3l$ od pokładu (jeżeli nie zastosowano górnego cokołu grodzi) albo dolnego wierzchołka cokołu.

2.1.4.2 Wytrzymałość na zginanie i naprężenia styczne

Fala grodzi jest wystarczająco wytrzymała na zginanie, jeżeli jest spełniony warunek:

$$10^3 \frac{M}{0,5Z_{le}\sigma_{a,le} + Z_m\sigma_{a,m}} \leq 1,0$$

gdzie:

M – moment zginający [kNm] obliczony wg 2.1.3.1;

Z_{le} – wskaźnik wytrzymałości przekroju pojedynczej fali grodzi [cm³] w dolnym końcu fali, obliczony wg 2.1.4.3;

Z_m – wskaźnik wytrzymałości przekroju pojedynczej fali grodzi [cm³] w środkowej części fali, obliczony wg 2.1.4.4;

$\sigma_{a,le}$ – naprężenia dopuszczalne dla dolnego końca fali [MPa] ustalone wg 2.1.4.5;

$\sigma_{a,m}$ – naprężenia dopuszczalne dla środkowej części fali [MPa] ustalone wg 2.1.4.5.

Wartość Z_m zastosowana przy sprawdzaniu kryterium wytrzymałości fal na zginanie nie może być większa niż mniejsza wartość liczbową spośród 1,15 Z_{le} i 1,15 Z'_{le} , gdzie Z'_{le} zdefiniowano niżej.

W przypadku gdy zastosowano płyty usypowe, które:

- nie mają załamań,
- są przyspawane do fal i górnej płyty cokołu jednostronnie z pełnym przetopem lub w sposób równoważny,
- są zamocowane pod kątem co najmniej 45° względem płaszczyzny poziomej, a ich dolna krawędź pozostaje w jednej linii z poszyciem cokołu,

lub gdy zastosowano płyty czołowe, które:

- są zamocowane w jednej linii z bocznym poszyciem cokołu,
- są wykonane z materiału o własnościach wytrzymałościowych nie gorszych od materiału mocników fal;

za wskaźnik przekroju Z_{le} [cm³] należy przyjąć wartość nie większą niż wartość Z'_{le} [cm³], obliczoną wg wzoru:

$$Z'_{le} = Z_g + 10^3 \frac{Qh_g - 0,5h_g^2s_1p_g}{\sigma_a}$$

gdzie:

Z_g – wskaźnik wytrzymałości przekroju pojedynczej fali grodzi o szerokości s_1 [cm³], obliczony wg wymagań 2.1.4.4 w rejonie górnych końców płyt usypowych albo czołowych;

Q – siła ścinająca [kN] obliczona wg 2.1.3.2;

h_g – wysokość [m] płyt usypowych albo czołowych (patrz rys. 2.1.4-1, 2.1.4-2, 2.1.4-3, 2.1.4-4);

s_1 – jak w 2.1.2.3.1 a);

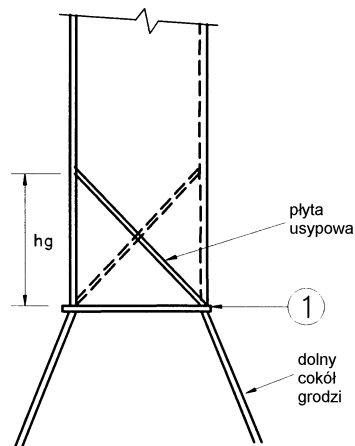
p_g – ciśnienie wypadkowe [kN/m²], obliczone wg 2.1.2.5 na poziomie środka płyt usypowych albo czołowych;

σ_a – naprężenia dopuszczalne [MPa] określone wg 2.1.4.5.

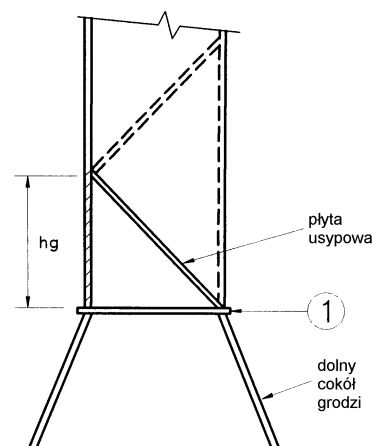
Naprężenia τ należy obliczać, dzieląc wartość Q siły ścinającej przez pole na ścinanie środnika fali grodzi. Obliczając pole na ścinanie, należy uwzględnić możliwą nieprostokątność płyt środnika i mocników fali. W tym celu pole poprzecznego przekroju środnika fali można pomnożyć przez $\sin \Phi$, (Φ – kąt pomiędzy płaszczyznami środnika i mocników, pokazany na rys. 2.1.2.3.1-1).

Przy obliczaniu wskaźnika wytrzymałości przekroju i pola na ścinanie przekroju fali grodzi należy stosować grubości netto.

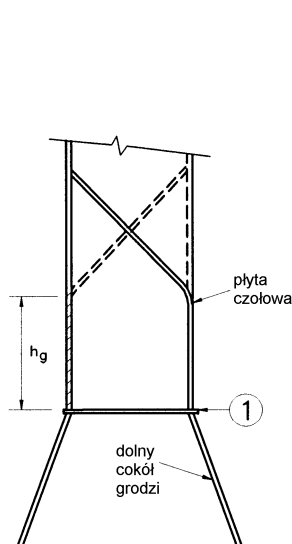
Wskaźnik wytrzymałości przekroju fali grodzi należy obliczać na podstawie wymagań podanych w 2.1.4.3 i 2.1.4.4.



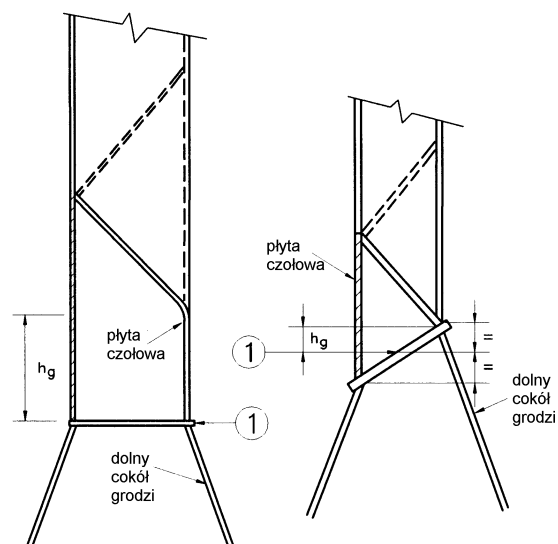
Rys. 2.1.4-1
Symetryczne płyty usypowe



Rys. 2.1.4-2
Asymetryczne płyty usypowe



Rys. 2.1.4-3
Symetryczne płyty czołowe



Rys. 2.1.4-4
Asymetryczne płyty czołowe i usypowe

2.1.4.3 Wskaźnik wytrzymałości przekroju na dolnym końcu fali grodzi

Wskaźnik wytrzymałości przekroju należy obliczać z uwzględnieniem efektywnej szerokości b_{ef} mocnika ściskanego o wartości nie większej niż podano w 2.1.4.6.1.

Jeśli dolne części środników fali nie są podparte węzłówkami poniżej górnej płyty cokołu (lub poniżej dna wewnętrznego), to wskaźniki wytrzymałości przekrojów fal należy obliczać zakładając 30% efektywność środników fal.

a) Jeśli zastosowano płyty usypowe o konstrukcji zdefiniowanej w 2.1.4.2 (patrz rys. 2.1.4-1 i 2.1.4-2), to przy obliczaniu wskaźnika wytrzymałości fali na dolnym końcu (przekrój ① na rys. 2.1.4-1 i 2.1.4-2), powierzchnie przekroju płyt mocników [cm²] mogą być zwiększone o:

$$\left(2,5a\sqrt{t_f t_{sh}} \sqrt{\frac{R_{esh}}{R_{efl}}} \right) \text{ (jednak nie więcej niż } 2,5at_f \text{)}$$

gdzie:

a – szerokość mocnika fali [m] (patrz rys. 2.1.2.3-1);

- t_{sh} – grubość netto płyty usypowej [mm];
 t_f – grubość netto mocnika [mm];
 R_{esh} – granica plastyczności materiału użytego na płyty usypowe [MPa];
 R_{efl} – granica plastyczności materiału użytego na mocniki profilu [MPa].

b) Jeśli zastosowano efektywne płyty czołowe zdefiniowane w 2.1.4.2 (patrz rys. 2.1.4-3 i 2.1.4-4), to podczas obliczania wskaźnika wytrzymałości fali na dolnym końcu (przekrój ① na rys. 2.1.4-3 i 2.1.4-4) pola powierzchni przekroju płyt mocnika [cm²] mogą być zwiększone o $(7 \cdot h_g \cdot t_{gu})$, gdzie:

- h_g – wysokość płyty czołowej [m] (patrz rys. 2.1.4-3 i 2.1.4-4), nie większa jednak niż $\frac{10}{7} s_{gu}$;
 s_{gu} – szerokość płyty czołowej [m];
 t_{gu} – grubość płyty czołowej netto [mm]; przyjęta do obliczeń wartość t_{gu} nie może jednak być większa niż t_f ;
 t_f – grubość netto mocnika [mm].

c) Jeśli środniki fali są przyspawane do pochylej górnej płyty cokołu pochylonej pod kątem nie mniejszym niż 45° względem płaszczyzny poziomej, to wskaźnik wytrzymałości przekroju fali może być obliczony przy założeniu całkowicie efektywnych środników fal. Jeśli zastosowano efektywne płyty czołowe, to podczas obliczania wskaźnika przekroju fali powierzchnie płyt mocników mogą być zwiększone jak podano w b) powyżej. Nie można powiększać powierzchni mocników fal, jeżeli zastosowano tylko płyty usypowe.

Jeśli kąt pochylecia górnej płyty cokołu jest mniejszy niż 45°, to efektywność środnika można używać stosując interpolację liniową między wartościami 30% dla kąta 0° i 100% dla kąta 45°.

2.1.4.4 Wskaźnik wytrzymałości w przekrojach poprzecznych innych niż na dolnym końcu fali grodzi

Wskaźnik wytrzymałości przekroju należy obliczać uznając środniki fal za całkowicie efektywne. Zastosowana wartość b_{ef} efektywnej szerokości mocnika ściskanego nie powinna być większa od określonej w 2.1.4.6.1.

2.1.4.5 Naprężenia dopuszczalne

Wartości naprężeń normalnych σ i stycznych τ nie mogą być większe od wartości dopuszczalnych σ_a i τ_a [MPa]:

$$\begin{aligned}\sigma_a &= R_e \\ \tau_a &= 0,5R_e\end{aligned}$$

R_e – granica plastyczności materiału [MPa].

2.1.4.6 Efektywna szerokość mocnika i kryterium stateczności przy ścinaniu

2.1.4.6.1 Efektywna szerokość mocnika fali

Efektywną szerokość b_{ef} mocnika fali [m] należy obliczać wg wzoru:

$$b_{ef} = C_e a$$

gdzie:

$$C_e = \frac{2,25}{\beta} - \frac{1,25}{\beta^2} \quad \text{dla } \beta > 1,25;$$

$$C_e = 1,0 \quad \text{dla } \beta \leq 1,25;$$

$$\beta = 10^3 \frac{a}{t_f} \sqrt{\frac{R_e}{E}};$$

t_f – grubość netto mocnika [mm];
 a – szerokość mocnika fali [m] (patrz rys. 2.1.2.3.1-1);
 R_e – granica plastyczności materiału [MPa];
 E – moduł sprężystości podłużnej (Younga) [MPa] – dla stali należy przyjmować:
 $E = 2,06 \cdot 10^5$ MPa.

2.1.4.6.2 Ścinanie

Kryterium stateczności należy sprawdzić dla płyt środników fal, na końcach fal.

Naprężenia styczne τ nie mogą być większe od wartości krytycznej τ_c , obliczanej wg następujących wzorów:

$$\tau_c = \tau_E \quad \text{gdy} \quad \tau_E \leq \frac{\tau_F}{2}$$
$$\tau_c = \tau_F \left(1 - \frac{\tau_F}{4\tau_E}\right) \quad \text{gdy} \quad \tau_E > \frac{\tau_F}{2}$$
$$\tau_F = \frac{R_e}{\sqrt{3}}$$

R_e – granica plastyczności materiału [MPa],

$$\tau_E = 0,9k_t E \left(\frac{t}{1000c}\right)^2 \quad [\text{MPa}]$$

$k_t = 6,34$;

E – moduł sprężystości podłużnej (Younga) jak w 2.1.4.6.1;

t – grubość netto środnika fali [mm];

c – szerokość środnika fali [m] (patrz rys 2.1.2.3.1-1).

2.1.4.7 Grubość netto fal wynikająca ze zginania lokalnego

Grubość netto fal grodzi [mm] nie powinna być mniejsza niż:

$$t = 14,9s_w \sqrt{\frac{p}{R_e}}$$

s_w – szerokość płyty [m] równa większej wartości spośród szerokości mocnika i środnika fali;

p – ciśnienie wypadkowe [kPa] określone wg 2.1.2.5 u dołu każdego pasa poszycia fal grodzi; efektywną grubość netto najniższego pasa poszycia należy określić przy zastosowaniu ciśnienia wypadkowego na poziomie wierzchołka dolnego cokołu lub przy dnie wewnętrznym, jeśli nie zastosowano dolnego cokołu lub na poziomie wierzchołków płyt usypowych, jeżeli zastosowano płyty usypowe lub czołowe;

R_e – granica plastyczności materiału [MPa].

W przypadku fal grodzi, gdzie grubości mocnika i środnika różnią się, efektywna grubość netto węższej płyty poszycia nie może być mniejsza niż:

$$t_n = 14,9s_n \sqrt{\frac{p}{R_e}} \quad [\text{mm}]$$

gdzie:

s_n – szerokość węższej płyty poszycia fali [m] (środnika albo mocnika).

Grubość netto szerszej płyty poszycia [mm] nie może być mniejsza niż większa z następujących dwóch wartości:

$$t_w = 14,9s_w \sqrt{\frac{p}{R_e}}$$

$$t_w = \sqrt{\frac{440s_w^2 p}{R_e}} - t_{np}^2$$

gdzie:

t_{np} – wartość nie większa niż faktyczna grubość netto węższej płyty poszycia, nie większa jednak niż $14,9s_w \sqrt{\frac{p}{R_e}}$.

2.1.5 Szczegóły konstrukcyjne

Szczegółowe rozwiązania konstrukcyjne, zastosowane w celu przeniesienia obciążenia grodzi (reakcje w formie sił i momentów) na sąsiadujące z nią rejony kadłuba, powinny spełniać odpowiednie wymagania *Części II*. Dotyczy to w szczególności dna podwójnego i przewiązek międzylukowych.

Grubość blach i sposób usztywnienia płyt usypowych i czołowych, zamontowanych w celu wzmocnienia fal grodzi, powinny spełniać wymagania podrozdziału 9.4 przy zastosowaniu obciążeń podanych w 2.1.2 i naprężeń dopuszczalnych określonych wg wymagań punktów 13.4.2.3 lub 13.5.2.1.

Jeśli nie postanowiono inaczej, połączenia spawane i materiały powinny spełniać odpowiednie wymagania *Części II* (rozdz. 2 i 4).

2.1.6 Naddatki korozyjne i warunki wymiany elementów konstrukcji

Wymiana lub wzmocnianie elementów konstrukcyjnych powinny być wykonywane zgodnie z następującymi wymaganiami oraz wytycznymi zawartymi w Aneksie 1.

- a) Wymiana fal grodzi (lub ich części) jest wymagana, gdy zmierzona grubość wynosi mniej niż $t_{net} + 0,5$ mm – gdzie t_{net} to minimalna grubość, która spełnia kryteria zginania i ścinania fal, jak podano w 2.1.4.2, oraz zginania lokalnego, jak podano w 2.1.4.7. Alternatywnie można zastosować wzmocniające pasy nakładkowe, pod warunkiem że wymagana grubość netto nie wynika z kryteriów wytrzymałości na ścinanie środników (patrz 2.1.4.5 i 2.1.4.6.2) lub zginania lokalnego środników i mocników (patrz 2.1.4.7).
Jeśli zmierzona grubość ma wartość pomiędzy $t_{net} + 0,5$ mm a $t_{net} + 1,0$ mm, to alternatywnie do wymiany fal można zastosować powłokę malarską (zgodnie z wymaganiami producenta) lub coroczne pomiary grubości.
- b) Jeśli wymagane jest wzmocnienie lub wymiana fal, to grubości wymienianych fal lub elementów wzmocnień nie powinny być mniejsze niż $t_{net} + 2,5$ mm.

c) Gdy:

$$0,8(R_{efl}t_{fl}) \geq R_{es}t_{st}$$

gdzie:

R_{efl} – granica plastyczności materiału użytego na mocniki fal [MPa];

R_{es} – granica plastyczności materiału użytego na płyty poszycia dolnego cokołu lub denniki (jeśli nie zastosowano cokołu) [MPa];

t_{fl} – grubość mocnika [mm] spełniająca kryteria podane w punkcie a) wyżej, albo – gdy wymagana jest wymiana fal – spełniająca wymagania punktu b). Grubość mocnika wynikająca z kryterium zginania lokalnego nie musi być w tym wypadku uwzględniana,

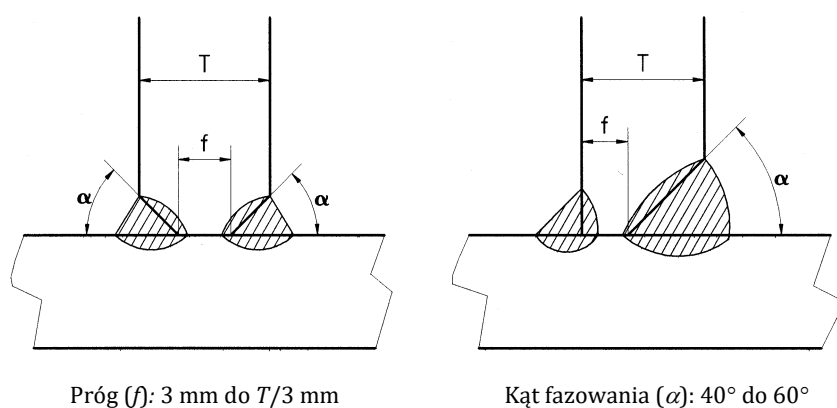
t_{st} – zastosowana w projekcie statku grubość poszycia dolnego cokołu grodzi albo denników (jeśli nie zastosowano cokołu) [mm],

należy zamontować płyty czołowe o wysokości nie mniejszej niż $0,1l$, zakończone płytami usypowymi (rys. 2.1.4-3, 2.1.4-4) lub nakładkowe pasy wzmacniające na mocnikach fal grodzi i poszyciu cokołu grodzi.

Jeśli zamontowano płyty czołowe, to materiał, z którego są one wykonane, musi być taki sam jak materiał, z którego są wykonane mocniki fal. Płyty czołowe należy połączyć z płytą górną dolnego cokołu lub z dnem wewnętrznym (jeśli nie zastosowano dolnego cokołu) za pomocą spawania z głębokim wtopem (patrz rys. 2.1.6).

d) Jeśli wymagana jest wymiana fal grodzi, to należy je połączyć z płytą górną dolnego cokołu lub z dnem wewnętrznym (jeśli nie zastosowano cokołu) za pomocą spawania z głębokim wtopem (rys. 2.1.6).

e) Jeśli mają być zamontowane lub wymieniane płyty czołowe, to należy je połączyć z falami grodzi i z płytą górną dolnego cokołu lub z dnem wewnętrznym (jeśli nie zastosowano cokołu) za pomocą spawania z głębokim wtopem (rys. 2.1.6).



Rys. 2.1.6

2.2 Obliczanie dopuszczalnej masy ładunku w ładowni nr 1 istniejących masowców w sytuacji zalania ładowni nr 1

2.2.1 Zastosowanie i objaśnienia

Poniższe wymagania dotyczą masowców o długości $L_0 \geq 150$ m, jednopokładowych, posiadających zbiorniki szczytowe i obłowe, przeznaczonych do przewozu w ładowni dziobowej stałych ładunków masowych o gęstości $1,78 \text{ t/m}^3$ lub większej, które, oprócz wyżej wymienionych, mają następujące cechy:

- .1
 - a) ich ładownia dziobowa (nr 1) ma pojedyncze burty,
 - b) nie spełniają wymagań podrozdziału 20.8,
 - c) kontrakt na ich budowę został zawarty przed 1 lipca 1998 r.;
- .2
 - a) ich ładownia dziobowa (nr 1) ma podwójne burty o szerokości mniejszej niż 760 mm (mierzonej prostopadle do poszycia zewnętrznego),
 - b) nie spełniają wymagań podrozdziału 20.8,
 - c) ich stępka została położona (lub były na podobnym etapie budowy) przed 1 lipca 1999 r.

Wcześniejsze przeprowadzenie przeglądu dla odnowienia klasy, którego data wypadła po 1 lipca 1998 r., w celu opóźnienia wdrożenia niniejszych wymagań jest niedopuszczalne.

Masa ładunku w ładowni nr 1 nie może przekroczyć wartości dopuszczalnej dla stanu zalania, obliczonej wg 2.2.4, z zastosowaniem obciążenia podanego w 2.2.2 i wytrzymałości na ścinanie dna podwójnego obliczonej wg 2.2.3.

W żadnym przypadku przyjęta wartość dopuszczalnej masy ładunku w ładowni nr 1 w sytuacji zalania nie może być większa od wielkości projektowych, wyznaczonych dla warunków normalnej eksploatacji statku (w stanie nieuszkodzonym).

2.2.2 Obciążenie

2.2.2.1 Zasady ogólne

Obciążenie dna podwójnego w ładowni nr 1 jest superpozycją obciążenia działającego od zewnątrz w formie ciśnienia wody morskiej i obciążenia od wewnątrz – od ciężaru ładunku i ciężaru wody, która zalała ładownię.

Należy uwzględnić najbardziej niekorzystne kombinacje obciążenia od ciężaru ładunku i wody, która zalała ładownię – dla stanów załadowania statku pokazanych w *Informacji o stateczności i wytrzymałości statku*:

- stany załadowania równomiernego,
- stany załadowania nierównomiernego,
- ładunki inne niż masowe (np. wyroby hutnicze itp.).

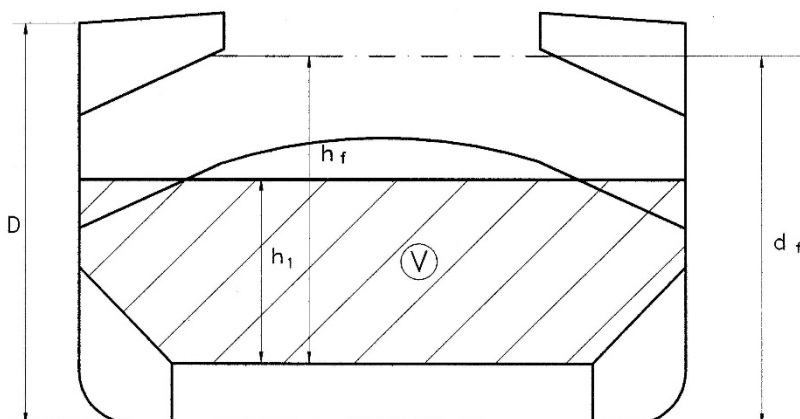
W każdym z uwzględnionych stanów załadowania należy zastosować maksymalną gęstość ładunku masowego, który może przewozić statek.

2.2.2.2 Wysokość słupa wody po zalaniu ładowni

Wysokość h_f słupa wody w zalanej ładowni (patrz rys. 2.2.2.2) to odległość wyrażona w metrach, mierzona pionowo na statku wyprostowanym od dna wewnętrznego do poziomu znajdującego się w odległości d_f wyrażonej w metrach od płaszczyzny podstawowej, o wartościach:

- generalnie: D ,
- w przypadku statków o nośności mniejszej niż 50 000 ton z wolną burtą typu B: $0,95D$.

D – to odległość [m] od płaszczyzny podstawowej do pokładu wolnej burty, przy burcie, w środkowej części statku (patrz rys. 2.2.2.2).



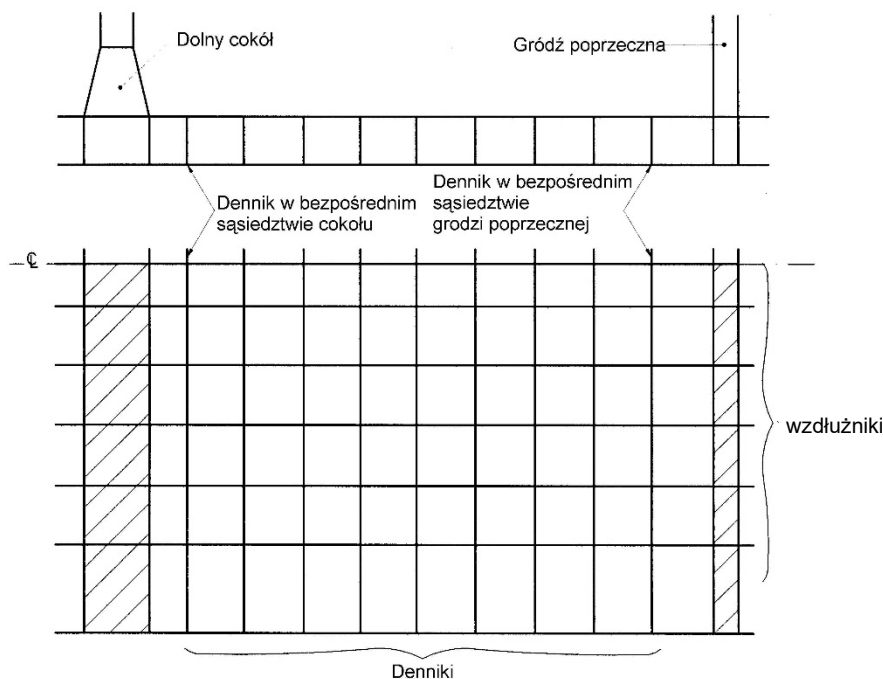
V – objętość ładunku

Rys. 2.2.2.2

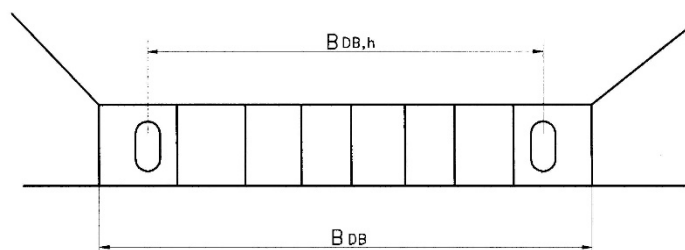
2.2.3 Wytrzymałość dna podwójnego ładowni nr 1 na ścinanie

Wytrzymałość na ścinanie dna podwójnego ładowni nr 1 to suma wytrzymałości na ścinanie na końcach takich elementów konstrukcji, jak:

- wszystkie denniki przylegające do obu zbiorników obłowych, pomniejszona o połowę wytrzymałości dwóch skrajnych denników w ładowni, leżących w bezpośrednim sąsiedztwie cokołów grodzi lub grodzi poprzecznych, jeśli nie zastosowano cokołów (patrz rys. 2.2.3-1);
- wszystkie wzdłużniki przylegające do obu cokołów grodzi lub do grodzi poprzecznych, jeśli nie zastosowano cokołów.



Rys. 2.2.3-1



Rys. 2.2.3-2

Wytrzymałość na ścinanie wzdłużników i denników częściowych, gdzie jeden z końców nie jest bezpośrednio połączony z cokołem grodzi albo ze zbiornikiem obłowym, należy obliczać tylko na jednym końcu.

Należy uwzględnić tylko te denniki i wiązary, które znajdują się w granicach ładowni wyznaczonych przez zbiorniki obłowe i cokoły (lub grodzie poprzeczne, jeśli nie zastosowano cokołów). Wzdłużniki boczne w zbiornikach obłowych i denniki usytuowane bezpośrednio pod cokołami grodzi (lub leżące w płaszczyznach grodzi poprzecznych, jeśli nie zastosowano cokołów) nie powinny być brane pod uwagę.

Kiedy geometria i/lub konstrukcja dna podwójnego uniemożliwiają wykonanie obliczeń wg powyższych założeń, wytrzymałość dna podwójnego na ścinanie podlega odrębnemu rozpatrzeniu przez PRS.

Przy obliczaniu wytrzymałości na ścinanie należy stosować grubość netto denników i wzdłużników. Grubość netto t_{net} [mm] wynosi:

$$t_{\text{net}} = t - t_c$$

gdzie:

- t – projektowe grubości denników i wzdłużników [mm];
- t_c – ubytki korozyjne generalnie równe 2 mm; niższą wartość t_c można przyjąć tylko pod warunkiem wykonania pomiarów grubości, których wyniki będą pozytywnie ocenione przez PRS.

2.2.3.1 Wytrzymałość denników na ścinanie

Wytrzymałość na ścinanie płyt denników przylegających bezpośrednio do zbiorników obłowych, S_{f1} [kN] oraz wytrzymałość na ścinanie płyt denników z otworami (skrajne otwory w denniku w sąsiedztwie zbiorników obłowych) S_{f2} [kN] należy obliczać wg wzorów:

$$S_{f1} = 10^{-3} A_f \frac{\tau_a}{\eta_1}$$

$$S_{f2} = 10^{-3} A_{f,h} \frac{\tau_a}{\eta_2}$$

gdzie:

- A_f – powierzchnia przekroju poprzecznego [mm²] płyty dennika przylegającej do zbiornika obłowego;
- $A_{f,h}$ – powierzchnia przekroju netto [mm²] płyty dennika z otworem w skrajnej przestrzeni między wzdłużnikami (tzn. w bezpośrednim sąsiedztwie zbiornika obłowego w przekroju poprzecznym w miejscu otworu);
- τ_a – dopuszczalna wartość naprężeń stycznych [MPa] równa:

$$\frac{R_e}{\sqrt{3}}$$

gdzie:

- R_e – granica plastyczności materiału [MPa];
- η_1 – 1,10;
- η_2 – 1,20; η_2 za zgodą PRS może być obniżone do 1,10, jeżeli zastosowano odpowiednie wzmocnienia dennika.

2.2.3.2 Wytrzymałość na ścinanie wzdłużników dna podwójnego

Wytrzymałość na ścinanie płyt wzdłużników w rejonach przylegających do cokołów (lub grodzi poprzecznych, jeśli nie zastosowano cokołów) S_{g1} [kN] oraz wytrzymałość na ścinanie płyt wzdłużników w rejonach największych otworów w skrajnych przęsłach pomiędzy dennikami (tzn. najbliższych cokołów lub grodzi poprzecznych, jeśli nie zastosowano cokołów) S_{g2} [kN] należy obliczać wg wzorów:

$$S_{g1} = 10^{-3} A_g \frac{\tau_a}{\eta_1}$$

$$S_{g2} = 10^{-3} A_{g,h} \frac{\tau_a}{\eta_2}$$

gdzie:

- A_g – minimalna powierzchnia przekroju [mm²] płyty wzdłużnika przylegającej do cokołu (lub grodzi poprzecznej, jeśli nie zastosowano cokołu);

$A_{g,h}$ – powierzchnia przekroju netto [mm²] płyty wzdłużnika w rejonie największego otworu w przęśle pomiędzy dennikami przy cokole lub grodzi poprzecznej, jeśli nie zastosowano cokołu;

τ_a – dopuszczalne wartości naprężeń stycznych [MPa] wyznaczone wg 2.2.3.1;

η_1 – 1,10;

η_2 – 1,15;

η_2 za zgodą PRS może być obniżone do 1,10 w miejscach gdzie zastosowano odpowiednie wzmocnienia wzdłużnika.

2.2.4 Dopuszczalna masa ładunku w ładowni

Dopuszczalna masa ładunku w ładowni W , w tonach, wynosi:

$$W = \rho_c V \frac{1}{F}$$

gdzie:

F = 1,05 – ogólnie;

1,00 – dla wyrobów hutniczych;

ρ_c – gęstość ładunku [t/m³]; dla ładunków masowych ustalana wg 2.2.2.1; dla wyrobów hutniczych ρ_c należy przyjmować jako gęstość właściwą stali;

V – objętość [m³] ładunku sięgającego do poziomu h_1 (patrz rys. 2.2.2.2),

$$h_1 = \frac{X}{\rho_c g}$$

X – dla ładunków masowych należy przyjąć mniejszą wartość spośród X_1 i X_2 , obliczanych wg wzorów:

$$X_1 = \frac{Z + \rho g(E - h_f)}{1 + \frac{\rho}{\rho_c}(\text{perm} - 1)}$$

$$X_2 = Z + \rho g(E - h_f \text{perm})$$

gdzie:

X – dla wyrobów hutniczych X można przyjąć jako X_1 , stosując w powyższym wzorze wartość $\text{perm} = 0$;

ρ – gęstość wody morskiej [t/m³];

g = 9,81 m/s² – przyspieszenie ziemskie;

E = $d_f - 0,1D$;

d_f, D – jak w 2.2.2.2;

h_f – wysokość słupa wody w zatopionej ładowni, [m], określana wg 2.2.2.2;

perm – współczynnik zatopienia ładunku; należy przyjąć 0,3 dla rudy (odpowiednią gęstość rudy żelaza można przyjmować 3,0 t/m³);

Z – mniejsza wartość spośród Z_1 i Z_2 , obliczanych wg wzorów:

$$Z_1 = \frac{C_h}{A_{DB,h}}$$

$$Z_2 = \frac{C_e}{A_{DB,e}}$$

C_h – wytrzymałość na ścinanie dna podwójnego [kN] obliczona wg 2.2.3, przyjmując dla każdego dennika mniejszą wartość wytrzymałości na ścinanie spośród S_{f1} i S_{f2} (patrz 2.2.3.1), a dla każdego wzdłużnika mniejszą wartość wytrzymałości na ścinanie spośród S_{g1} i S_{g2} (patrz 2.2.3.2);

C_e – wytrzymałość na ścinanie dna podwójnego [kN] obliczona wg 2.2.3, przyjmując dla każdego dennika wartość S_{f1} wytrzymałości na ścinanie (patrz 2.2.3.1), a dla każdego wzdłużnika mniejszą wartość wytrzymałości na ścinanie spośród S_{g1} i S_{g2} (patrz 2.2.3.2),

$$A_{DB,h} = \sum_{i=1}^{i=n} S_i B_{DB,i}$$

$$A_{DB,e} = \sum_{i=1}^{i=n} S_i (B_{DB} - s)$$

n – liczba denników pomiędzy cokołami (lub grodziami poprzecznymi, jeśli nie zastosowano cokołów);

S_i – szerokość pasa dna podwójnego podpierana przez i -ty dennik [m];

$B_{DB,i} = B_{DB} - s$ dla denników, których wytrzymałość na ścinanie wynosi S_{f1} (patrz 2.2.3.1);

$B_{DB,i} = B_{DB,h}$ dla denników, których wytrzymałość na ścinanie wynosi S_{f2} (patrz 2.2.3.1);

B_{DB} – szerokość dna podwójnego, [m], pomiędzy zbiornikami obłowymi (patrz rys. 2.2.3-2);

$B_{DB,h}$ – odległość [m] pomiędzy dwoma otworami branymi pod uwagę przy obliczaniu S_{f2} (patrz rys. 2.2.3-2);

s – odległość [m] pomiędzy wzdłużnymi usztywnieniami dna podwójnego leżącymi w bezpośrednim sąsiedztwie zbiorników obłowych.

2.3 Powłoki antykorozyjne w ładowniach masowców

W przypadku gdy armatorzy istniejących masowców zdecydują się zastosować pokrycie lub ponowne pokrycie powłoką antykorozyjną powierzchni konstrukcji ograniczających ładownie, tzn. wszystkich wewnętrznych i zewnętrznych powierzchni pokryw luków, wszystkich wewnętrznych powierzchni ładowni, z wyjątkiem poszycia dna wewnętrznego oraz pochyłych ścian zbiorników obłowych do poziomu około 300 mm poniżej wręgów burtowych i ich węzłówek, wymagany zakres szczegółowych oględzin i pomiarów grubości elementów konstrukcji podlega odrębnemu rozpatrzeniu przez PRS.

2.4 Kontrola obciążenia statku

2.4.1 Masowce, rudowce i statki kombinowane o długości $L_0 \geq 150$ m, zakontraktowane przed 1 lipca 1998 r. muszą być wyposażone w atestowany przyrząd kontroli obciążenia, którego typ jest aprobowany przez PRS, nie później niż w dniu wejścia do eksploatacji lub do 1 stycznia 1999 r. – zależnie od tego, który termin jest późniejszy.

2.4.2 Dodatkowo, masowce z pojedynczymi burtami, o długości $L_0 \geq 150$ m, zakontraktowane przed 1 lipca 1998 r. muszą być wyposażone przed 1 lipca 1999 r. lub dniem wejścia do eksploatacji – zależnie od tego, który termin jest późniejszy – w zatwierdzoną instrukcję ładowania statku, opisującą typowe procesy załadunku statku, gdy statek jest ładowany od samego początku operacji ładowania aż do osiągnięcia nośności całkowitej, załadowania równomiernego, częściowego i naprzemiennego, tam, gdzie ma to zastosowanie. Instrukcja powinna również zawierać opis procesu rozładunku statku w tych stanach.

2.4.3 Warunki, jakie muszą spełniać przyrządy do kontroli obciążenia i instrukcje ładowania, są podane w *Publikacji 16/P – Środki kontroli obciążenia statku*.

2.5 Ograniczenia dotyczące żeglugi masowców z dowolną ładownią pustą

Masowce o długości $L_0 \geq 150$ m, z pojedynczymi burtami, zbudowane przed 1 lipca 1999 r., przewożące ładunki o gęstości $1,78 \text{ t/m}^3$ lub większej, niespełniające wymagań podrozdziałów 20.5,

20.6, 20.7 lub 20.8, po osiągnięciu wieku 10 lat nie mogą być eksploatowane w stanach załadowania, gdzie dowolna z ładowni jest załadowana w stopniu mniejszym niż 10% maksymalnego dopuszczalnego ciężaru ładunku w ładowni przy pełnym załadowaniu statku.

Pełne załadowanie statku oznacza tutaj załadowanie do nie mniej niż 90% nośności statku odpowiadającej obowiązującej wolnej burcie statku.

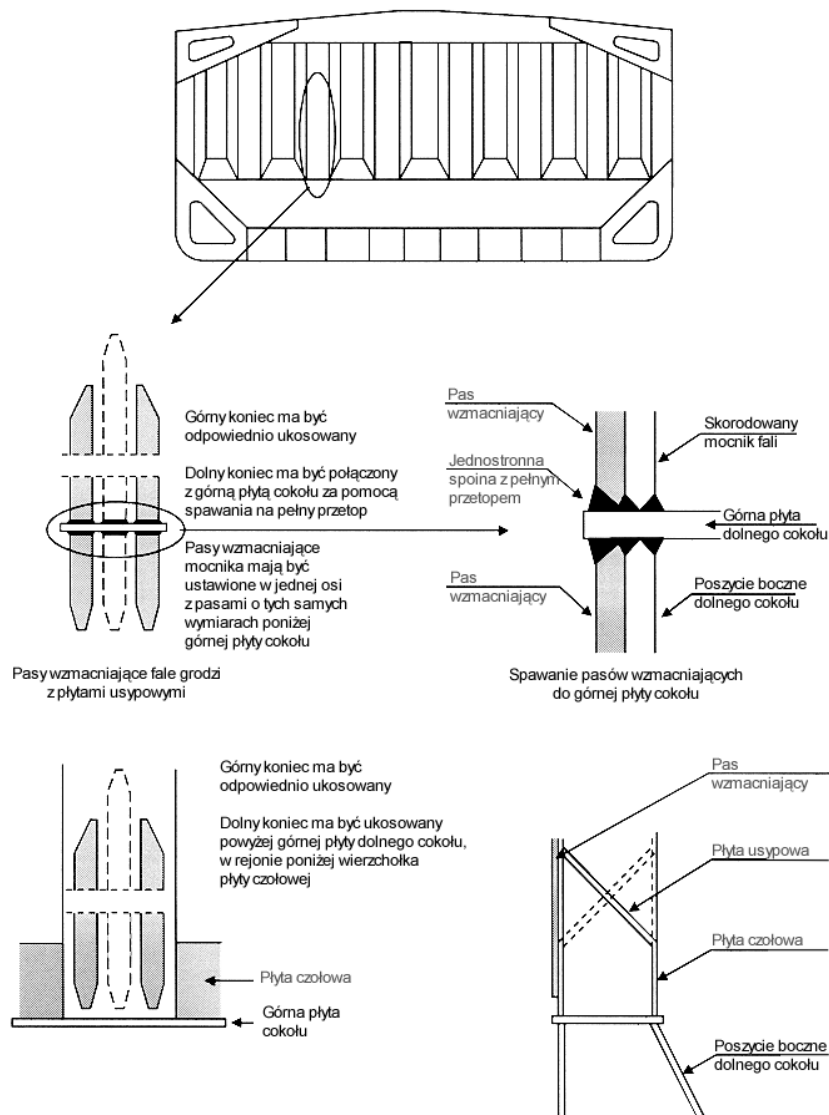
2.6 Wymagania retroaktywne dla burt masowców i roporudomasowców

Masowce i roporudomasowce z pojedynczą burtą powinny być dostosowane do wymagań *Publikacji 63/P – Kryteria wymiany wręgów i węzłówek masowców i roporudomasowców z burtą pojedynczą*, w terminach określonych w ww. dokumencie.

ANEKS 1

**ZALECENIA DOTYCZĄCE WYMIANY LUB WZMOCNIENIA
POPZRZECZNYCH GRODZI WODOSZCZELNYCH Z FALAMI PIONOWYMI
POMIĘDZY ŁADOWNIAMI NR 1 I 2**

1. Każdy przypadek, gdy wymagana jest wymiana lub wzmocnienie grodzi wodoszczelnych pomiędzy ładowniami nr 1 i 2 z falami pionowymi, podlega odrębnemu rozpatrzeniu przez PRS, przy zastosowaniu kryteriów podanych w 2.1 i na podstawie wyników aktualnych pomiarów grubości elementów konstrukcji i przeglądów.
2. Poza ogólnymi wymaganiami dotyczącymi utrzymania klasy, ocena grodzi falistych wg 2.1 powinna uwzględniać również następujące wymagania:
 - a) wymiary poszczególnych fal grodzi należy oceniać pod kątem konieczności wymiany lub wzmocnienia na podstawie pomiarów grubości przeprowadzonych zgodnie z wymaganiami Aneksu 2, przy dolnym końcu, w środkowej części i w rejonie zmian grubości fal, które występują w dolnej części fal na 70% całkowitej ich długości. W ocenie można uwzględnić pozytywny wpływ na wytrzymałość fal zastosowanych płyt czołowych lub usypowych, o ile spełniają one wymagania podane w 2.1.4.2 i 2.1.6.
 - b) Dopuszczalne ubytki korozyjne i odpowiednie działania wynikające z wymagań podanych w 2.1.6 należy ustalić na podstawie konstrukcji i wymiarów elementów grodzi.
3. Jeśli wymagana jest wymiana elementów konstrukcji, to jej zakres należy wyraźnie przedstawić na planach. Wysokość każdej strefy przewidzianej do odnowienia należy określić uwzględniając wymagania podane w 2.1 – generalnie nie powinna ona być mniejsza niż 15% pionowej odległości pomiędzy górnym i dolnym końcem fali, mierzonej w płaszczyźnie symetrii statku.
4. Jeśli dopuszczalne jest wzmocnienie grodzi w formie pasów nakładkowych na mocnikach fal, to długość tych pasów powinna być odpowiednio duża, aby wzmocnić cały rejon grodzi osłabionej przez nadmierne skorodowanie. Generalnie szerokość i grubość tych pasów powinna spełniać wymagania podane w 2.1. Materiał na pasy wzmacniające powinien być taki sam jak ten, z którego wykonano fale grodzi. Pasy należy połączyć z istniejącym poszyciem grodzi za pomocą ciągłych spoin pachwinowych. Pasy powinny być na końcach ukośnie ścięte lub połączone z konstrukcją grodzi w sposób zaakceptowany przez PRS.
5. Jeśli pasy wzmacniające są połączone z dnem wewnętrznym lub górną płytą dolnego cokołu, to należy zastosować spawanie jednostronne z pełnym przetopem. Jeśli pasy wzmacniające są połączone z mocnikiem profilu i z górną płytą dolnego cokołu, to powinny być one ustawione w jednej linii z pasami o takich samych wymiarach, przyspawanymi do poszycia bocznej ściany cokołu i o długości co najmniej równej szerokości mocnika fali.
6. Rys. 1 przedstawia ogólnie konstrukcję wzmocnień grodzi.



Rys. 1. Pasy wzmacniające fale grodzi z płytami usypowymi i czołowymi

Uwagi do rys. 1 dotyczące wzmocnień:

1. Fale prostokątne lub trapezowe należy wzmocniać pasami przyspawanymi do każdego mocnika, spełniającymi wymagania podane w 2.1.
2. Liczba pasów wzmacniających na każdym mocniku fali powinna być odpowiednia do wymagań podanych w 2.1.
3. Płyta usypowa może stanowić jeden element wraz z płytą czołową albo może być połączona spoiną z górnym końcem płyty czołowej.
4. Jeżeli stosowane są płyty czołowe, to powinny one być przyspawane do górnej płyty dolnego cokołu albo do poszycia dna wewnętrznego w jednej płaszczyźnie z mocnikami fal, tak aby zmniejszyć koncentrację naprężeń w rejonach naroży fal. Należy zapewnić prawidłowe ustawienie w jednej osi płyty czołowej, mocnika fali i płyty poszycia pochyłej ściany dolnego cokołu. Należy stosować spawanie z głębokim wtopem w miejscach wszystkich połączeń. Połączenia i koniec spoiny powinien być możliwie jak najbardziej oddalony od naroży fal.
5. Płyty usypowe powinny być spawane jednostronnie na pełny przetop, na podkładkach spawalniczych.
6. Płyty usypowe lub czołowe powinny mieć grubość równą lub większą od pierwotnej grubości fal grodzi. Płyta czołowa powinna mieć wysokość (w części pionowej) równą co najmniej połowie szerokości mocnika fali. Materiał, z którego są wykonane płyty czołowe i usypowe, powinien być taki sam jak ten, z którego wykonano mocniki fal.

ANEKS 2

**ZALECENIA DOTYCZĄCE POMIARÓW GRUBOŚCI
WODOSZCZELNYCH GRODZI POPRZECZNYCH Z FALAMI PIONOWYMI
POMIĘDZY ŁADOWNIAMI NR 1 i NR 2**

1. W celu określenia ogólnego stanu konstrukcji oraz zakresu ewentualnych napraw i/lub wzmocnień wodoszczelnych grodzi poprzecznych z falami pionowymi, wynikających z wymagań punktu 2.1 *Suplementu*, należy dokonać pomiarów grubości.
2. Uwzględniając stosowaną w 2.1 formę wyczerpania nośności granicznej fal grodzi wymagane jest określenie ubytków korozyjnych grubości blach w rejonach krytycznych pokazanych na rys. 1 i 2.
3. Pomiary powinny być wykonane w trzech zdefiniowanych niżej rejonach. Dla prawidłowej oceny wymiarów wszystkich pionowych fal grodzi w każdym z podanych niżej rejonów należy zmierzyć grubość każdego mocnika i środka fali, płyty usypowej i płyty czołowej.

Rejon (a): statki z grodziami bez dolnego cokołu (patrz rys. 1):

Miejsca pomiaru:

- w połowie szerokości mocników fal, ok. 200 mm powyżej górnych krawędzi płyt usypowych;
- w środkach płyt czołowych między mocnikami fal, jeśli zostały one zastosowane;
- w środkach płyt usypowych;
- w połowie szerokości środków fal, ok. 200 mm powyżej górnych krawędzi płyt usypowych.

Rejon (b): statki z grodziami, w których zastosowano dolne cokoły (patrz rys. 2):

Miejsca pomiaru:

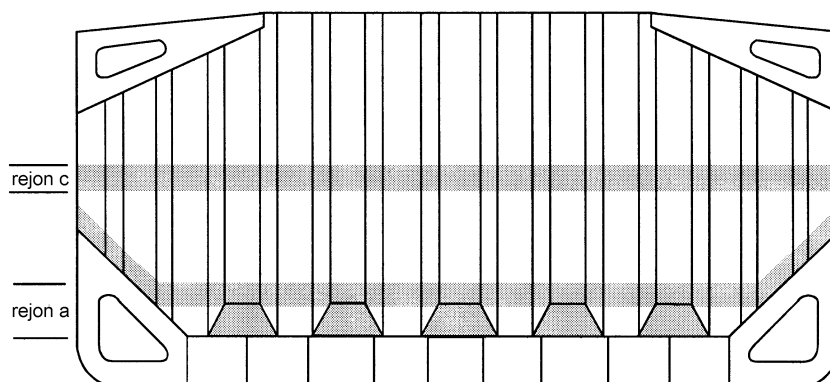
- w połowie szerokości mocników fal, ok. 200 mm powyżej górnych krawędzi płyt usypowych;
- w środkach płyt czołowych między mocnikami fal, jeśli zostały one zastosowane;
- w środkach płyt usypowych;
- w połowie szerokości środków fal, ok. 200 mm powyżej górnych krawędzi płyt usypowych.

Rejon (c): statki z grodziami z dolnym cokołem lub bez (patrz rys. 1 i 2):

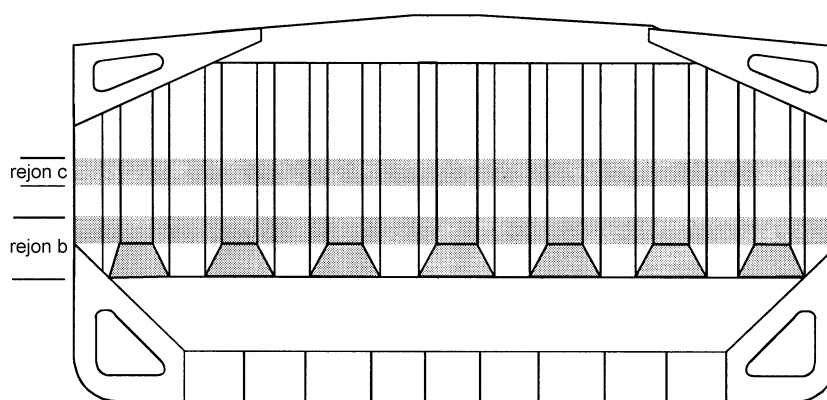
Miejsce pomiaru:

- w połowie szerokości mocników i środków fal, w połowie wysokości fal.

4. W przypadku gdy grubość zmienia się w obrębie rejonu pomiarowego, pomiarom należy podać cieńszą z płyt.
5. Wymiana lub wzmocnienia konstrukcji muszą być przeprowadzone zgodnie z wymaganiami w p. 2.1.



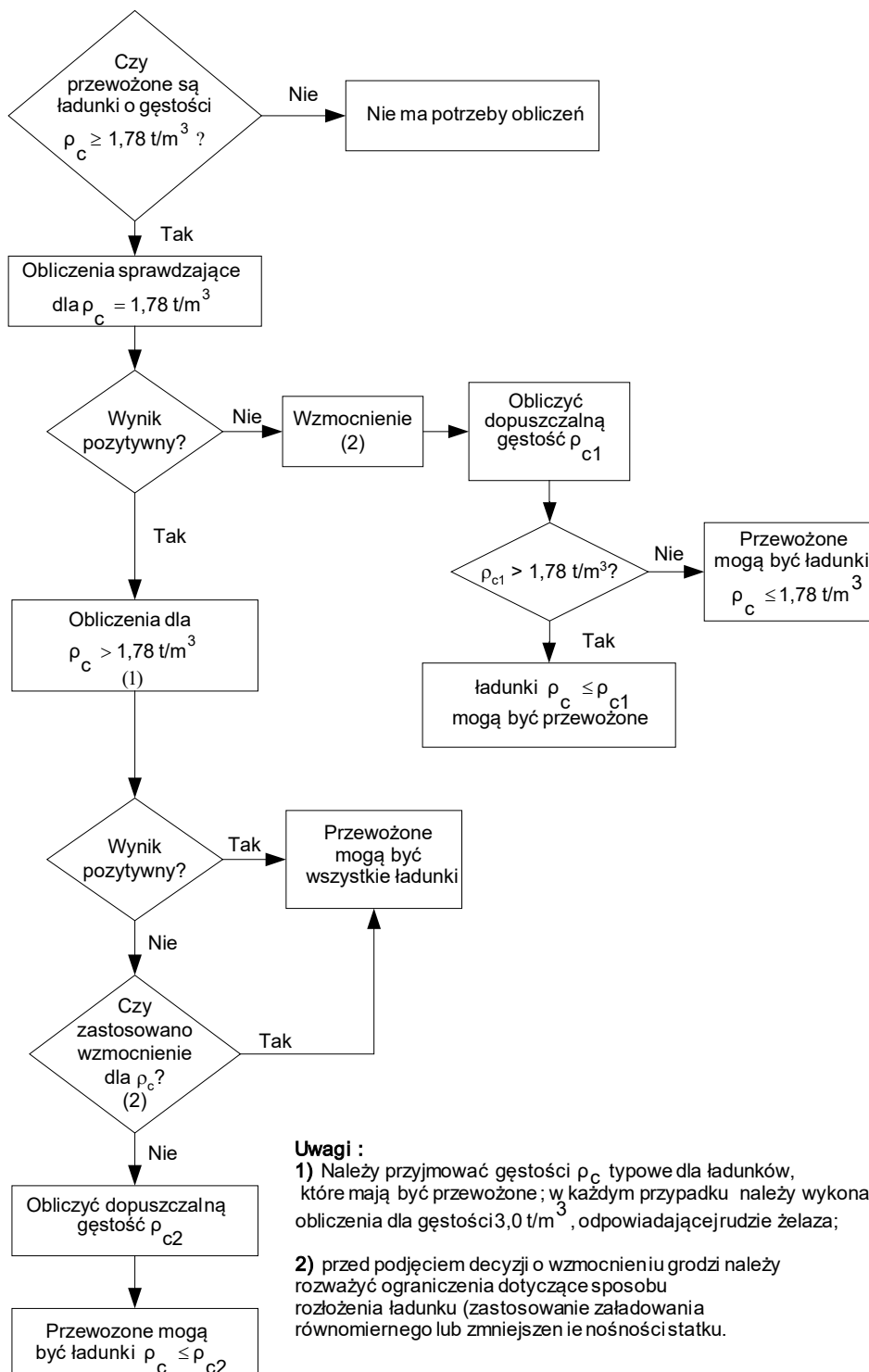
Rys. 1



Rys. 2

ANEKS 3

**ZALECENIA DOTYCZĄCE OCENY MOŻLIWOŚCI TRANSPORTU CIĘŻKICH ŁADUNKÓW
MASOWYCH PRZEZ ISTNIEJĄCE MASOWCE – STOSOWNIE DO WYTRZYMAŁOŚCI GRODZI
POPRZECZNEJ POMIĘDZY ŁADOWNIAMI NR 1 i 2**



Wykaz zmian obowiązujących od 1 kwietnia 2024

<i>Pozycja</i>	<i>Tytuł/Temat</i>	<i>Źródło</i>
Wszystkie rozdziały	W całym tekście Części II (oprócz Suplementu) usunięto wymagania dla statków istniejących, pozostawiając wymagania dla statków nowobudowanych	PRS
6.1.2	Uaktualniono wymagania dotyczące dna podwójnego	SOLAS II-1/9; MSC.429(98)/Rev.2
9	Uaktualniono wymagania dotyczące grodzi wodoszczelnych	SOLAS II-1/10; MSC.429(98)/Rev.2

Wykaz zmian obowiązujących od 1 lipca 2024

<i>Pozycja</i>	<i>Tytuł/Temat</i>	<i>Źródło</i>
11.3	Wymagania dotyczące tylnicy	IACS UR S10 (Rev.7 Feb 2023) and (Corr.1 June 2023)
15.14	Wymagania dotyczące stateczności elementów konstrukcji kadłuba przenoszących naprężenia od zginania ogólnego kadłuba	IACS UR S35
10.3.1.2	Grubość poszycia	IACS UR S3 Rev.2 June 2023