



**PRZEPISY  
KLASYFIKACJI I BUDOWY  
OKRĘTÓW WOJENNYCH**

**CZĘŚĆ II  
KADŁUB**

lipiec  
2022

GDAŃSK

## **PRZEPISY KLASYFIKACJI I BUDOWY OKRĘTÓW WOJENNYCH**

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

- Część I* – *Zasady sprawowania nadzorów i klasyfikacji*
- Część II* – *Kadłub*
- Część III* – *Wyposażenie kadłubowe*
- Część IV* – *Stateczność, niezatapialność i wolna burta*
- Część V* – *Ochrona przeciwpożarowa*
- Część VI* – *Urządzenia maszynowe i urządzenia chłodnicze*
- Część VII* – *Silniki, mechanizmy, kotły i zbiorniki ciśnieniowe*
- Część VIII* – *Instalacje elektryczne i systemy sterowania*
- Część X* – *Wyposażenie konwencyjne*

natomiast w odniesieniu do materiałów i spawania obowiązują wymagania Części IX – *Materiały i spawanie, Przepisów klasyfikacji i budowy statków morskich.*

*Przepisy klasyfikacji i budowy okrętów wojennych zostały pozytywnie zaopiniowane przez Radę Techniczną w dniu 20 maja 2022 r. na podstawie Uchwały Rady Technicznej Nr 2/22. Część II – Kadłub – lipiec 2022 została zatwierdzona przez Zarząd PRS w dniu 28 czerwca 2022 r. i wchodzi w życie z dniem 1 lipca 2022 r.*

Z dniem wejścia w życie niniejszej *Części II*, jej wymagania mają zastosowanie:

- do okrętów wojennych nowych, dla których podpisanie kontraktu nastąpi 1 lipca 2022 r. lub po tej dacie – w pełnym zakresie,
- dla okrętów wojennych istniejących – na zasadach określonych w *Części I – Zasady sprawowania nadzorów i klasyfikacji.*

Rozszerzeniem i uzupełnieniem *Części II – Kadłub* są następujące publikacje PRS:

- 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 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 40/P – Materiały i wyroby niemetalowe,
- Publikacja 45/P – Analiza wytrzymałości zmęczeniowej stalowego kadłuba statku,
- Publlication 122/P – Requirements for Baltic Ice Class and Polar Class for Ships under PRS Supervision.
- Publikacja 30/I – Wytyczne dotyczące projektowania okrętów wojennych.

Rozszerzeniem i uzupełnieniem wymagań niniejszych *Przepisów* są dokumenty przywołane w poszczególnych ich *Częściach*, a w szczególności porozumienia normalizacyjne NATO i normy państwowe.

# SPIS TREŚCI

	Str.
<b>A POSTANOWIENIA OGÓLNE</b> .....	9
<b>1 Zakres zastosowania</b> .....	9
<b>2 Definicje i określenia</b> .....	10
2.1 Zasady ogólne .....	10
2.2 Oznaczenia ogólne .....	10
2.3 Układ współrzędnych .....	11
2.4 Określenia ogólne .....	12
2.5 Określenia elementów konstrukcji .....	13
2.6 Inne oznaczenia i określenia .....	14
<b>3 Dokumentacja techniczna kadłuba okrętu</b> .....	15
3.1 Dokumentacja kadłuba okrętu w budowie .....	15
3.2 Dokumentacja kadłubowa .....	15
3.3 Dokumentacja kadłuba okrętu w przebudowie (modernizacji) .....	16
3.4 Dokumentacja wykonawcza okrętu .....	16
3.5 Dokumentacja przechowywana na okręcie .....	16
3.6 Instrukcja eksploatacji okrętu .....	17
<b>4 Zakres obliczeń bezpośrednich</b> .....	18
4.1 Obliczenia .....	18
4.2 Przedłożenie wyników obliczeń .....	18
4.3 Badania modelowe .....	18
<b>5 Klasa okrętu. Zakres nadzoru</b> .....	19
<b>6 Próby konstrukcji kadłuba</b> .....	20
6.1 Postanowienia ogólne .....	20
6.2 Zastosowanie .....	20
6.3 Rodzaje prób oraz definicje .....	20
6.4 Procedury prób .....	21
<b>B WYMAGANIA PODSTAWOWE</b> .....	28
<b>1 Postanowienia ogólne</b> .....	28
1.1 Struktura wymagań .....	28
<b>2 Materiały i ochrona przed korozją</b> .....	29
2.1 Zasady ogólne .....	29
2.2 Stal kadłubowa .....	29
2.3 Inne materiały konstrukcyjne .....	34
2.4 Ochrona przed korozją .....	36
2.5 Naddatki korozyjne .....	36
<b>3 Szczegóły konstrukcyjne</b> .....	38
3.1 Zasady ogólne .....	38
3.2 Idealizacja wiązań .....	39
3.3 Szczegóły konstrukcji spawanych .....	43
3.4 Ciągłość konstrukcji .....	44
3.5 Otwory w elementach konstrukcyjnych .....	44
3.6 Konstrukcja wiązarów teowych .....	46
3.7 Konstrukcje ze stopów aluminium .....	47
<b>4 Połączenia elementów konstrukcyjnych</b> .....	48
4.1 Zasady ogólne .....	48
4.2 Typy i wymiary spoin .....	48
4.3 Połączenia elementów zładu .....	53
4.4 Połączenia nitowane elementów z aluminium .....	55

<b>5 Zasady wymiarowania wiązań</b> .....	56
5.1 Zasady ogólne.....	56
5.2 Podstawy wymagań .....	57
<b>6 Dno</b> .....	60
6.1 Zasady ogólne.....	60
6.2 Konstrukcja dna podwójnego.....	60
6.3 Wymiarowanie wiązań dna podwójnego .....	64
6.4 Konstrukcja dna pojedynczego.....	66
6.5 Wymiarowanie wiązań dna pojedynczego.....	67
6.6 Wymagania wspólne dla okrętów z dnem pojedynczym i z dnem podwójnym .....	69
6.7 Wzmocnienia w części dziobowej.....	71
<b>7 Burty</b> .....	74
7.1 Zasady ogólne.....	74
7.2 Konstrukcja .....	74
7.3 Wymiarowanie wiązań .....	75
7.4 Wzmocnienia części dziobowej.....	78
7.5 Wzmocnienia burt na oddziaływanie pchaczy i nabrzeży portowych .....	80
7.6 Wzmocnienia burt okrętów obsługujących inne okręty w morzu .....	76
<b>8 Pokłady</b> .....	83
8.1 Zasady ogólne.....	83
8.2 Konstrukcja .....	83
8.3 Wymiarowanie wiązań .....	83
8.4 Wymagania dodatkowe.....	86
8.5 Otwory w pokładach.....	87
8.6 Zrębnice .....	89
8.7 Podpory.....	90
8.8 Wzmocnienia pod kontenerami.....	91
8.9 Wzmocnienia rufowego pokładu otwartego przeznaczonego do przewozu ładunków pokładowych (okręty obdługi/wsparcia) .....	87
<b>9 Grodzie</b> .....	93
9.1 Zasady ogólne.....	93
9.2 Podział grodziowy .....	93
9.3 Konstrukcja .....	96
9.4 Wymiarowanie wiązań .....	97
9.5 Wymagania dodatkowe.....	98
<b>10 Nadbudówki, pokładówki, sponsony i nadburcia</b> .....	99
10.1 Zasady ogólne .....	99
10.2 Konstrukcja.....	99
10.3 Wymiarowanie wiązań.....	101
10.4 Obliczeniowe obciążenia ścian.....	102
10.5 Nadburcia .....	103
<b>11 Dziobnica, wsporniki sterów, dysze nieobrotowe, wsporniki wałów i tylnice</b> .....	105
11.1 Zasady ogólne .....	105
11.2 Dziobnica.....	105
11.3 Wspornik steru półpodwieszzonego .....	106
11.4 Odległości śruby od kadłuba .....	110
11.5 Dysze nieobrotowe.....	111
11.6 Wsporniki wałów.....	113
11.7 Tylnice.....	116

<b>12 Fundamenty</b> .....	118
12.1 Zasady ogólne.....	118
12.2 Fundamenty silników i urządzeń napędu głównego.....	118
12.3 Fundamenty pędników azymutalnych.....	121
12.4 Fundamenty pędników astugowodnych.....	114
12.5 Fundamenty silników urządzeń pomocniczych.....	122
12.6 Fundamenty urządzeń pokładowych i cumowniczych.....	122
12.7 Fundamenty uzbrojenia i wyposażenia specjalnego.....	122
12.8 Fundamenty urządzeń dźwignicowych.....	115
<b>13 Miejscowa wytrzymałość i stateczność konstrukcji</b> .....	124
13.1 Zasady ogólne.....	124
13.2 Konstrukcyjne grubości minimalne.....	125
13.3 Wymagania dotyczące stateczności elementów konstrukcyjnych.....	127
13.4 Poszycie kadłuba.....	130
13.5 Usztywnienia.....	136
13.6 Wiązary zwykłe.....	141
13.7 Podpory i wiązania ściskane.....	143
13.8 Węzłówki.....	144
<b>14 Zasady obliczeń metodą elementów skończonych – wytrzymałość strefowa, ogólna i miejscowa</b> ..	148
14.1 Zasady ogólne.....	148
14.2 Obciążenia obliczeniowe.....	148
14.3 Ocena wytrzymałości strefowej na podstawie belkowych modeli MES.....	148
14.4 Ocena wytrzymałości strefowej na podstawie modeli MES z zastosowaniem elementów skończonych tarczowych, powłokowych i belkowych.....	151
14.5 Naprężenia dopuszczalne dla wiązarów.....	154
14.6 Ocena wytrzymałości ogólnej z zastosowaniem MES.....	156
14.7 Ocena wytrzymałości lokalnej na podstawie modeli MES z zastosowaniem elementów skończonych tarczowych, powłokowych i prętowych.....	157
<b>15 Wytrzymałość wzdłużna kadłuba</b> .....	160
15.1 Zasady ogólne.....	160
15.2 Wskaźnik poprzecznego przekroju kadłuba.....	161
15.3 Moment bezwładności poprzecznego przekroju kadłuba.....	162
15.4 Moment zginający na wodzie spokojnej.....	162
15.5 Falowy moment zginający.....	163
15.6 Zakres stosowania stali o podwyższonej wytrzymałości.....	164
15.7 Rzeczywiste geometryczne charakterystyki przekroju kadłuba.....	166
15.8 Wytrzymałość kadłuba na działanie sił poprzecznych.....	168
15.9 Poprzeczne obciążenia kadłuba na wodzie spokojnej.....	168
15.10 Falowe obciążenia poprzeczne.....	168
15.11 Wymagania dla konstrukcji przenoszących siły poprzeczne.....	169
15.12 Zginanie kadłuba w płaszczyźnie poziomej.....	170
15.13 Skręcanie kadłuba.....	170
15.14 Kontrola obciążenia kadłuba.....	174
15.15 Nośność graniczna kadłuba.....	175
<b>16 Wytrzymałość zmęczeniowa kadłuba</b> .....	176
16.1 Postanowienia ogólne.....	176
16.2 Metoda analizy trwałości zmęczeniowej i kryteria.....	176
<b>17 Obciążenia kadłuba</b> .....	179
17.1 Zasady ogólne.....	179
17.2 Falowanie morza.....	179
17.3 Wiatr.....	183
17.4 Lód.....	184
17.5 Ruchy i przemieszczenia kadłuba.....	185
17.6 Miejscowe obciążenia konstrukcji.....	187

<b>C</b>	<b>WYMAGANIA DODATKOWE ZWIĄZANE Z ZADANIAMI OKRĘTU I WYMAGANIA SPECJALNE</b>	186
<b>1</b>	<b>Zasady ogólne</b>	194
1.1	Wymagania ogólne	194
1.2	Wpływ założonych zadań okrętu na konstrukcję kadłuba	194
1.3	Wymagana dokumentacja	197
1.4	Materiały i spawanie	197
<b>2</b>	<b>Odporność kadłuba na uszkodzenia</b>	199
2.1	Wymagania ogólne	199
2.2	Optymalizacja podziału grodziowego kadłuba	199
<b>3</b>	<b>Wymagania związane z obroną przed bronią masowego rażenia</b>	200
3.1	Wymagania ogólne	200
3.2	Określenia	200
3.3	Ogólne wymagania projektowe obrony przed bronią masowego rażenia	200
3.4	Wymagania odnoszące się do wytrzymałości konstrukcji gazoszczelnych	201
<b>4</b>	<b>Obciążenia od wybuchów i odzew konstrukcji</b>	202
4.1	Zasady ogólne	202
4.2	Wybuch powietrzny	202
4.3	Wybuch podwodny	207
4.4	Wybuch wewnątrz okrętu	215
4.5	Wytrzymałość konstrukcji kadłuba podlegających oddziaływaniu elementów wyposażenia w warunkach uderów	216
4.6	Ochrona przeciwdławkowa i przed pociskami małego kalibru	218
4.7	Elastyczne posadowienie wyposażenia okrętu	218
<b>5</b>	<b>Obciążenia od wyposażenia specjalnego i uzbrojenia oraz odzew konstrukcji</b>	219
5.1	Wymagania ogólne	219
5.2	Obciążenia od odrzutu armat	219
5.3	Obciążenia od fali uderzeniowej od wystrzału	219
5.4	Obciążenia od silników raketowych	220
5.5	Obliczenia MES, zastępcze obciążenia statyczne i naprężenia dopuszczalne	221
5.6	Obciążenia związane z zaopatrzeniem okrętów na morzu (RAS)	223
<b>6</b>	<b>Wytrzymałość kadłuba uszkodzonego</b>	225
6.1	Zasady ogólne	225
6.2	Rozmiary uszkodzeń konstrukcji	225
6.3	Metody analizy i kryteria	226
<b>7</b>	<b>Wzmocnienia kadłubów okrętów desantowych i kadłuby okrętów z komorą dokową</b>	229
7.1	Wzmocnienia kadłubów okrętów desantowych	229
7.2	Kadłuby okrętów z komorą dokową	231
<b>8</b>	<b>Lądowiska śmigłowców i płaszczyzny vertrep</b>	233
8.1	Zasady ogólne	233
8.2	Określenia i objaśnienia	233
8.3	Wymagana dokumentacja	233
8.4	Poszycie, usztywnienia, wiązary i podpory lądowisk śmigłowców	234
8.5	Poszycie, usztywnienia, wiązary i podpory płaszczyzn VERTREP	236
8.6	Wymagania dla śmigłowców	236
8.7	Lądowiska dronów	237
<b>9</b>	<b>Pokłady do transportu pojazdów</b>	238
9.1	Zasady ogólne	238
9.2	Materiały i spawanie	238
9.3	Poszycie	238

9.4 Pokładniki .....	242
9.5 Wiązary .....	244
<b>10 Wzmocnienia lodowe .....</b>	<b>245</b>
10.1 Zasady ogólne .....	245
<b>11 Wytrzymałość okrętu w warunkach dokowania .....</b>	<b>246</b>
11.1 Cel i zakres zastosowania .....	246
11.2 Obliczenia uproszczone .....	246
11.3 Obliczenia MES.....	246
<b>12 Drgania kadłuba .....</b>	<b>247</b>
12.1 Uwagi ogólne.....	247
12.2 Dopuszczalny poziom drgań.....	247
12.3 Metody redukcji poziomu drgań urządzeń napędowych i wyposażenia okrętu .....	249
12.4 Prognozowanie poziomu drgań.....	249
<b>13 Hałas.....</b>	<b>250</b>
13.1 Zasady ogólne .....	250
<b>Załącznik Z1 Obliczanie granicznej wartości momentu zginającego .....</b>	<b>252</b>
<b>Załącznik Z2 Wymaganie Kodeksu bezpieczeństwa dla okrętów wojennych (ANEP-77) wraz z komentarzem PRS .....</b>	<b>253</b>





## A POSTANOWIENIA OGÓLNE

### 1 ZAKRES ZASTOSOWANIA

**1.1** Niniejsza *Część II* Przepisów ma zastosowanie do spawanych kadłubów okrętów wypornościowych, jednokadłubowych, o prędkości maksymalnej spełniającej warunek:

$$v_{\max} < 7,20 \cdot V^{0,1667}, \text{ [węzły]} \quad (1.1)$$

Kadłuby katamaranów powinny spełniać wymagania rozdziału 25 *Przepisów klasyfikacji i budowy statków, Cz. II – Kadłub*.

Kadłuby jednostek szybkich (tzn., gdy  $v_{\max}$  nie spełnia warunku 1.1) powinny spełniać wymagania *Przepisów klasyfikacji i budowy jednostek szybkich*.

**1.2** Dopuszczalne zakresy wymiarów głównych i stosunków wymiarowych kadłuba, tam gdzie ma to istotne znaczenie, podano w odpowiednich rozdziałach niniejszej części *Przepisów klasyfikacji i budowy okrętów wojennych* (dalej zwanych Przepisami). Okręty i konstrukcje nietypowe lub wykraczające poza zakres parametrów, podanych w niniejszej części Przepisów, podlegają odrębnemu rozpatrzeniu przez PRS.

**1.3** Niniejsza *Część II* Przepisów może być również stosowana do konstrukcji kadłubowych, wykonanych ze stopów aluminium. Zastosowanie innych materiałów niż stal lub stopy aluminium będzie rozpatrywane przez PRS odrębnie.

**1.4** Niniejsza *Część II* Przepisów zawiera wymagania podstawowe oraz wymagania dodatkowe i specjalne. Spełnienie wymagań podstawowych (dział B) w zakresie, w jakim mają one zastosowanie, jest obowiązkowe dla każdego okrętu.

Dla uzyskania symboli klasy okrętu, związanych z jego przeznaczeniem, zastosowaniem wzmocnień lodowych i dostosowaniem konstrukcji kadłuba do szczególnych warunków eksploatacji, konieczne jest spełnienie wymagań dodatkowych (dział C) w zakresie, w jakim mają one zastosowanie.

#### Uwaga:

Podane w niniejszej *Części II* odwołania do innych miejsc *Części II* uzupełnione są odpowiednią literą (A, B lub C), określającą dział, którego dotyczy odwołanie. Litera nie jest podawana, gdy odwołanie dotyczy punktu znajdującego się w tym samym dziale.

**1.5** Niniejsze Przepisy uwzględniają w pełni wymagania standardu NATO dla kadłubów okrętów (tzw. *Naval Ship Code – ANEP – 77*), które przytoczono w Załączniku Z2.

**1.6** Odporność kadłuba okrętu na uszkodzenia, spełniającego wymagania niniejszych Przepisów, zależy istotnie od wymagań taktyczno-technicznych określanych przez Zamawiającego. Dotyczy to głównie zagadnień rozważanych w dziale C *Przepisów*.

## 2 DEFINICJE I OKREŚLENIA

### 2.1 Zasady ogólne

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

### 2.2 Oznaczenia ogólne

*PD* – pion dziobowy – linia pionowa w płaszczyźnie symetrii okrętu, przechodząca przez punkt przecięcia wodnicy konstrukcyjnej z przednią krawędzią dziobnicy. Dla okrętów o nietypowym kształcie dziobu położenie pionu dziobowego podlega odrębnemu rozpatrzeniu przez PRS.

*PR* – pion rufowy – linia pionowa w płaszczyźnie symetrii okrętu, przechodząca przez punkt przecięcia wodnicy konstrukcyjnej z osią trzonu sterowego albo z linią pawęży (w przypadku okrętów bez klasycznych sterów).

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

*L<sub>0</sub>* – długość obliczeniowa okrętu, [m] – odległość mierzona w płaszczyźnie wodnicy odpowiadającej zanurzeniu maksymalnemu *T* od przedniej krawędzi dziobnicy do osi trzonu sterowego (lub do pawęży – dla okrętów bez klasycznego steru). Jeżeli dziób lub rufa okrętu mają kształty różniące się od zwykle stosowanych, długość *L<sub>0</sub>* podlega odrębnemu rozpatrzeniu przez PRS.

*L<sub>W</sub>* – długość okrętu mierzona w płaszczyźnie wodnicy konstrukcyjnej, [m] – odległość mierzona w płaszczyźnie tej wodnicy, od przedniej krawędzi dziobnicy do punktu przecięcia się wodnicy z tylną krawędzią kosza rufowego (pawężą).

*L<sub>PP</sub>* – długość między pionami, [m] – odległość między pionem dziobowym a pionem rufowym.

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

*T* – zanurzenie maksymalne, [m] – pionowa odległość od płaszczyzny podstawowej do wodnicy odpowiadającej wyporności maksymalnej okrętu *D<sub>max</sub>*. Zanurzenie maksymalne *T* jest zanurzeniem wymiarującym dla konstrukcji okrętu.

*T<sub>K</sub>* – zanurzenie konstrukcyjne, [m] – pionowa odległość od płaszczyzny podstawowej do wodnicy odpowiadającej wyporności pełnej okrętu.

*H* – wysokość boczna, [m] – pionowa odległość od płaszczyzny podstawowej do górnej krawędzi pokładnika najwyższego ciągłego pokładu, mierzona w płaszczyźnie owręża, przy burcie. Na okrętach 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.

*D* – wyporność okrętu, [t] – wyrażona w tonach masa okrętu odpowiadająca masie wody o objętości równej objętości zanurzonej części kadłuba okrętu. Jeżeli nie określono inaczej, gęstość wody morskiej należy przyjąć jako równą 1,025 t/m<sup>3</sup>.

$D_{max}$  – wyporność maksymalna okrętu, [t] – wyporność okrętu w maksymalnym stanie załadowania przewidywanym w całym okresie służby okrętu z uwzględnieniem oblodzenia, zapasu wyporności na modernizację okrętu i jego wyposażenia oraz przyrostu wyporności w wyniku konserwacji okrętu.

$D_p$  – wyporność pełna okrętu, [t] – wyporność okrętu całkowicie wyposażonego, z załogą, ładunkiem, pełnym stanem amunicji i zapasów, z pełnym zapasem paliwa, oleju smarowego i wody kotłowej.

$V$  – objętość konstrukcyjna, [m<sup>3</sup>] – objętość bryły kadłuba okrętu wyznaczonej przez zewnętrzne krawędzie wręgów przy zanurzeniu  $T$ .

$\delta$  – współczynnik pełnotliwości kadłuba – współczynnik określany wg wzoru:

$$\delta = \frac{V}{L_0 BT}$$

$v_{max}$  – maksymalna prędkość okrętu, [węzły] – prędkość osiągnięta przy maksymalnej mocy ciągłej napędu, przy zanurzeniu o wartości  $T_K$ , na wodzie spokojnej.

$v$  – prędkość okrętu, [węzły] – prędkość eksploatacyjna o wartości  $0,9 v_{max}$ .

$g$  – standardowe przyspieszenie ziemskie, [m/s<sup>2</sup>] – można przyjmować jako równe 9,81 m/s<sup>2</sup>.

$R_e$  – granica plastyczności materiału, [MPa] – patrz Część IX – *Materiały i spawanie* (część wspólna dla statków morskich i okrętów).

$k$  – współczynnik materiałowy – współczynnik zależny od granicy plastyczności materiału – patrz B/2.2.1.

$E$  – moduł sprężystości podłużnej (Younga), [MPa] – dla stali należy przyjmować  $E = 2,06 \cdot 10^5$  MPa (dla aluminium przyjmować 1/3 wartości  $E$  dla stali);

$G$  – moduł sprężystości postaciowej (Kirchhoffa), [MPa] – dla stali należy przyjmować  $G = 7,9 \cdot 10^4$  MPa (dla aluminium przyjmować 1/3 wartości  $G$  dla stali);

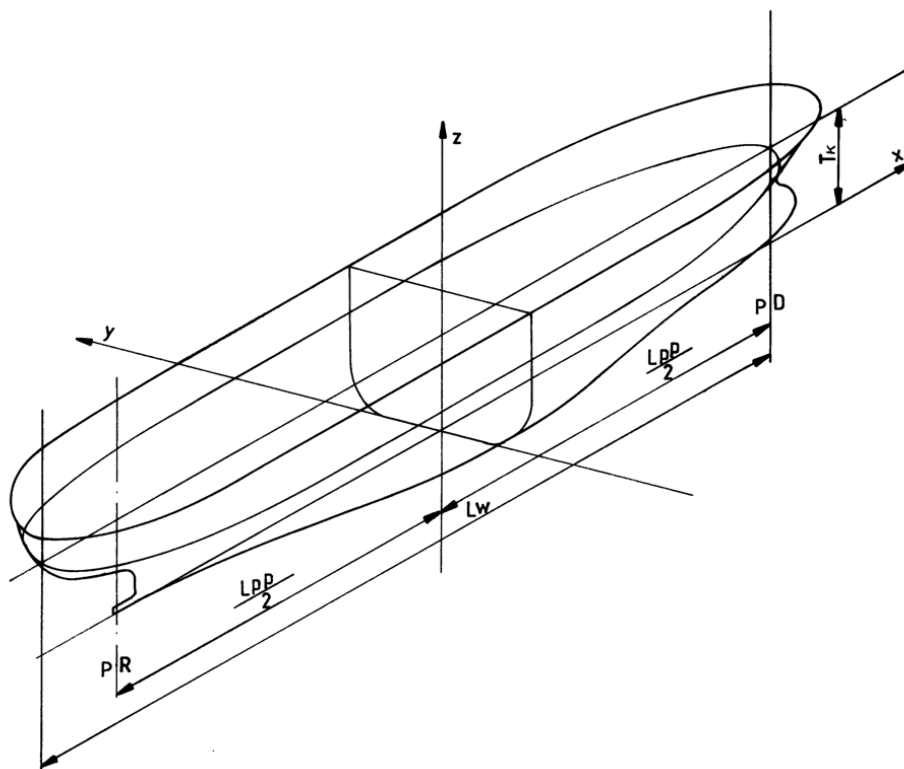
$x, y, z$  – współrzędne punktu na okręcie, [m] – patrz rys. 2.3.1.

## 2.3 Układ współrzędnych

**2.3.1** W niniejszej części Przepisów przyjęto dla okrętu układ współrzędnych ukazany na rysunku 2.3.1, w którym płaszczyznami odniesienia są: płaszczyzna podstawowa, płaszczyzna symetrii oraz płaszczyzna owręża. 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 płaszczyzną owręża.

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



Rys. 2.3.1 Układ współrzędnych

**2.3.2** W niniejszej części Przepisów stosowane są również inne układy współrzędnych okrętu, opisane oddzielnie.

## 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.

**N a d b u d o w a** – część okrętu usytuowana powyżej pokładu górnego, składająca się ze ścian i przykrywającego je pokładu. Nadbudowy dzielą się na nadbudówki, pokładówki i skrzynie.

**N a d b u d ó w k a** – nadbudowa na pokładzie górnym, która rozciąga się od burty do burty lub której ściany boczne oddalone są od burty okrętu o nie więcej niż  $0,04B$ .

W zależności od położenia na długości okrętu stosowane są niżej wymienione określenia:

**D z i o b ó w k a** – nadbudówka rozciągająca się od dziobu w kierunku owręża.

**R u f ó w k a** – nadbudówka rozciągająca się od rufy w kierunku owręża.

**Ś r e d n i ó w k a** – nadbudówka leżąca częściowo lub w całości w środkowej części okrętu; może się ona łączyć z dziobówką lub rufówką.

**P ł a s z c z y z n a o w r ę ż a** – płaszczyzna poprzeczna, znajdująca się w połowie odległości między pionem dziobowym a pionem rufowym.

**P ł a t f o r m a** – konstrukcja rozciągająca się na części długości lub szerokości okrętu, podobna do pokładu dolnego ale nie musi być szczelna..

**P o k ł a d d o l n y, m i ę d z y p o k ł a d** – pokład położony poniżej pokładu górnego. Przy istnieniu kilku pokładów dolnych określa się je kolejno, licząc od pokładu górnego do dna: drugi pokład, trzeci pokład itd.

**Pokład górny** – najwyżej położony pokład, rozciągający się na całej długości okrętu.

**Pokład grodzioy** – najwyżej położony pokład, do którego doprowadzone są główne, poprzeczne grodzie wodoszczelne.

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

**Pokład pogodowy (otwarty)** – każdy pokład oraz każda część pokładu, która może podlegać oddziaływaniu morza i wpływom atmosferycznym.

**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 okrętu, po odrębnym rozpatrzeniu wytrzymałości burt na ścinanie.

**Pokładówka** – nadbudowa na pokładzie górnym (lub nadbudówce), której ściany boczne (jedna lub obydwie) oddalone są od burt okrętu o więcej niż  $0,04B$ .

**Skrzynia** – nadbudowa usytuowana podobnie jak pokładówka, ale nie mająca drzwi, okien ani innych podobnych otworów w ścianach zewnętrznych.

**Skrajna część okrętu** – część okrętu o współrzędnych  $x < -0,4 L_0$  lub  $x > 0,4 L_0$ . Jeżeli gdziekolwiek w *Części II* zachodzi potrzeba innego określenia długości skrajnej części kadłuba, każdorazowo podane są odpowiednie wartości współrzędnych.

**Środkowa część okrętu** – symetryczna względem owręża część okrętu o długości  $0,4 L_0$  (przedział o współrzędnych:  $-0,2 L_0 < x < 0,2 L_0$ ). Jeżeli gdziekolwiek w *Części II* zachodzi potrzeba innego określenia długości części środkowej, każdorazowo podane są odpowiednie wartości współrzędnych.

**Wodnica konstrukcyjna** – wodnica odpowiadająca zanurzeniu konstrukcyjnemu.

## 2.5 Określenia elementów konstrukcji

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

**Gródź wodoszczelna** – gródź poprzeczna lub wzdłużna, 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 ścian nadbudówki (pokładówki)** – poszycie ścian wraz z usztywnieniami i wiązarami.

**Konstrukcja pokładu** – poszycie pokładu wraz z usztywnieniami i wiązarami.

**Ruszt** – układ krzyżujących się wiązań (wiązarów, usztywnień lub wiązarów z usztywnieniami).

**Usztywnienia** – ogólna nazwa wiązań podpierających bezpośrednio płyty poszycić.

**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.

**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 międzypokładowe** – wręgi znajdujące się między podpierającymi je wzdłużnikami burtowymi, 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).

## 2.6 Inne oznaczenia i określenia

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

---

### 3 DOKUMENTACJA TECHNICZNA KADŁUBA OKRĘTU

#### 3.1 Dokumentacja kadłuba okrętu w budowie

Przed rozpoczęciem budowy kadłuba należy przedstawić PRS do rozpatrzenia i zatwierdzenia dokumentację projektu, wymienioną w 3.2, w zakresie zależnym od rodzaju okrętu, jego urządzeń i wyposażenia. W dokumentacji technicznej należy przytoczyć założenia taktyczno-techniczne określone przez Zamawiającego. PRS może rozszerzyć zakres tej dokumentacji po zapoznaniu się z opisem technicznym i planem ogólnym okrętu.

#### 3.2 Dokumentacja kadłubowa

- .1 Dane dotyczące wytrzymałości wzdłużnej, strefowej i miejscowej:
  - podstawowe dane teoretyczne: linie teoretyczne, krzywe hydrostatyczne,
  - przewidywane stany załadowania oraz rozkłady mas ładunku i zapasów na okręcie<sup>1</sup>,
  - obliczenia największych momentów zginających i sił poprzecznych działających w przekrojach kadłuba na wodzie spokojnej<sup>1</sup>,
  - masa okrętu pustego wraz z jej rozkładem po długości okrętu,
  - najmniejsze i największe zanurzenie okrętu w eksploatacji oraz odpowiednie przegłębienia,
  - obciążenie pokładów, pokryw lukowych i dna wewnętrznego, jeśli jest różne od podanego w *Przepisach*,
  - maksymalna gęstość ładunków lub zapasów 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 i uzbrojenia,
  - inne miejscowe obciążenia lub siły działające na konstrukcję kadłuba.
- .2 Zład poprzeczny z charakterystycznymi przekrojami, z podanymi głównymi wymiarami okrętu, pełnym wnioskowanym symbolem klasy okrętu i innymi danymi, jak prędkość, liczba członków załogi, itp.
- .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 (jeśli występuje).
- .5 Rysunki konstrukcyjne pokładów i platform uwzględniające rozmieszczenie i wymiary otworów oraz fundamenty uzbrojenia i ciężkich elementów wyposażenia.
- .6 Rysunek konstrukcyjny dna podwójnego.
- .7 Rysunki konstrukcyjne grodzi wzdłużnych i poprzecznych oraz grodzi zbiorników.
- .8 Rysunki konstrukcyjne rejonu siłowni 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.
- .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 oraz nietypowych elementów układów napędowych lub napędowo-sterowych, w tym pędników strugowodnych różnego rodzaju, sterów strumieniowych itp.
- .12 Rysunki konstrukcyjne nadbudówek i pokładówek.

<sup>1</sup> Obowiązuje dla okrętów o długości  $L > 65$  m.



- .13 Rysunki konstrukcyjne elementów systemu uzbrojenia, stabilizatorów kołysań i fundamentów urządzeń napędowo-sterowych.
- .14 Tablice spawania kadłuba, o ile na rysunkach konstrukcyjnych nie podano wszystkich wymiarów spoin i danych dotyczących spawania.
- .15 Opis, rysunki i programy prób nowatorskich procesów technologicznych, rozwiązań węzłów konstrukcyjnych i zastosowanych materiałów.

Ponadto należy przedstawić:

- .16 Dla okrętów przeznaczonych do transportu pojazdów:
  - plan rozmieszczenia i mocowania przewożonych pojazdów z podaniem maksymalnego obciążenia osi oraz sił występujących w gniazdach i zaczepach przewidzianych dla osprzętu do mocowania pojazdów.
- .17 Dla okrętów przewożących kontenery:
  - plan rozmieszczenia kontenerów wraz z danymi o ich maksymalnej masie i standardzie wytrzymałościowym,
  - plan mocowania kontenerów, określający gniazda, odciąg i podparcia,
  - rysunki konstrukcji podpierających, np. prowadnic kontenerów, określające również przyległą konstrukcję kadłuba oraz gniazda kontenerowe i inne podparcia z niezbędnymi wzmocnieniami konstrukcji kadłuba,
  - obliczenia maksymalnych sił i naprężeń w podparciach kontenerów, w przyległej konstrukcji kadłuba, odciągach itp.
- .18 Dla okrętów cumujących w morzu do innych okrętów:
  - dane o środkach amortyzujących uderzenia kadłubów.
- .19 Dla okrętów dokonujących przeładunku na morzu (także zaopatrywanie RAS, VERTREP):
  - dane stosowanych w tym celu urządzeń;
  - dane o obciążeniach występujących w tych urządzeniach i związanych z nimi instalacjach.
- .20 Inne nie wymienione części wyposażenia mogące mieć wpływ na konstrukcję kadłuba.

### 3.3 Dokumentacja kadłuba okrętu w przebudowie (modernizacji)

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

### 3.4 Dokumentacja wykonawcza okrętu

Po zatwierdzeniu dokumentacji wymienionej w 3.2 należy przedłożyć PRS do rozpatrzenia i uzgodnienia dokumentację wykonawczą w zakresie:

- 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 nie pokazane w dokumentacji klasyfikacyjnej,
- program prób na uwięzi i w morzu.

### 3.5 Dokumentacja przechowywana na okręcie

W celu usprawnienia procesów przeglądów klasyfikacyjnych kadłuba okrętu oraz działań towarzystwa klasyfikacyjnego w przypadku uszkodzenia kadłuba, na okręcie należy przechowywać następującą dokumentację gotową do udostępnienia inspektorowi PRS, na jego życzenie:

- .1 Świadectwo klasy.



- .2 Raport z przeglądów klasyfikacyjnych wykonanych w przeszłości.
- .3 Informacja o stateczności i wytrzymałości okrętu.
- .4 Opis systemu ochrony konstrukcji kadłuba przed korozją.
- .5 Komplet zatwierdzonych przez towarzystwo klasyfikacyjne rysunków i innych istotnych dla klasyfikacji okrętu dokumentów zawierających informacje o ograniczeniach warunków eksploatacji, zastosowaniu specjalnych materiałów konstrukcyjnych, itp.
- .6 Wykaz procedur monitorowania/testowania stanu konstrukcji, których stosowanie jest konieczne w celu utrzymania ważności klasy okrętu.
- .7 Instrukcja eksploatacji okrętu (patrz p. 3.6).

### 3.6 Instrukcja eksploatacji okrętu

Okręt powinien być wyposażony w Instrukcję eksploatacji. Dokument ten zawiera istotne uwagi/zalecenia/ograniczenia określające sposób eksploatacji okrętu zapobiegający jego uszkodzeniom (patrz także p. B/17.1.3). Dokument ten podlega zatwierdzeniu przez PRS.

---

## 4 ZAKRES OBLICZEŃ BEZPOŚREDNICH

### 4.1 Obliczenia

Bezpośrednie obliczenia obciążeń kadłuba (metodami hydromechaniki okrętowej) oraz odzewu kadłuba na obciążenie (zazwyczaj metodą elementów skończonych) mogą być wymagane w sytuacjach określonych w rozdziałach B/14 do B/17 oraz w dziale C.

Obliczenia bezpośrednie mogą także być wymagane przez PRS przy zatwierdzaniu dokumentacji technicznej kadłubów okrętów i innych obiektów pływających o cechach lub proporcjach wymiarowych uznanych za nietypowe.

### 4.2 Przedłożenie wyników obliczeń

**4.2.1** W przypadku zastosowania metody bezpośredniego obliczania obciążeń lub odzewu konstrukcji na obciążenia należy przedłożyć PRS do rozpatrzenia następujące informacje:

- opis zastosowanej metody obliczeń i programu komputerowego (szczególnie istotne w przypadku bezpośrednich obliczeń obciążeń);
- opis modelu konstrukcji do obliczeń MES (parametry elementów konstrukcji, warunki brzegowe, obciążenia);
- zwięzły raport z uzyskanych wyników obliczeń.

### 4.3 Badania modelowe

W przypadku określania obciążeń lub odzewu konstrukcji na obciążenie w oparciu o badania modelowe należy przedłożyć PRS następujące informacje:

- opis zastosowanej metody pomiarowej;
- opis badanego modelu;
- opis zastosowanej aparatury;
- opis procedury kalibrowania aparatury pomiarowej;
- dane wejściowe do badań (np. obciążenie w przypadku pomiarów odzewu konstrukcji);
- raport z wynikami pomiarów (w formie tabel, wykresów, itp.);
- przeskalowanie wyników na obiekt rzeczywisty.

## 5 KLASA OKRĘTU. ZAKRES NADZORU

**5.1** W wyniku procesu klasyfikacji okręt otrzymuje Świadectwo klasy, w którym określony jest jego typ oraz zapisane mogą być pewne ograniczenia dotyczące warunków jego eksploatacji – w formie tzw. Symbolu klasy. Powyższe ograniczenia mogą dotyczyć np. rejonu żeglugi, możliwości eksploatacji w warunkach oblodzenia akwenu, itp.

Ograniczenia te powinny być spójne z założeniami taktyczno-operacyjnymi określonymi przez Zamawiającego.

Szczegółowe informacje dotyczące Symbolu klasy podane są w *Części I – Zasady sprawowania nadzorów i klasyfikacji*.

**5.2** Ogólne zasady dotyczące nadzoru nad budową i przeprowadzania przeglądów podane są w *Części I – Zasady sprawowania nadzorów i klasyfikacji*.

**5.3** Nadzorowi w czasie budowy podlega cała konstrukcja kadłuba wraz z:

- nadbudówkami i pokładówkami,
- szybami maszynowymi,
- tunelami wałów śrubowych,
- fundamentami silników głównych i kotłów,
- fundamentami silników i mechanizmów pomocniczych oraz urządzeń podlegających nadzorowi,
- fundamentami uzbrojenia,
- wspornikami wałów, dyszami nieobrotowymi,
- zrębnicami, zejściówkami i innymi konstrukcjami ograniczającymi otwory w kadłubie,
- ruchomymi rampami i platformami,
- szybami stacji hydrolokacyjnych, elementami konstrukcji związanymi z napędami specjalnymi, urządzeniami napędowo-sterowymi,
- konstrukcją masztów, w tym zintegrowanych/ścianowych,
- urządzeniami podnośnymi.

**5.4** Konstrukcje wymienione w 5.3, w czasie budowy podlegają kontroli pod względem:

- zgodności z zatwierdzoną dokumentacją techniczną,
- spełnienia wymagań niniejszej części *Przepisów* w zakresie nie uwidocznionym w dokumentacji technicznej,
- spełnienia mających zastosowanie wymagań *Części IX – Materiały i spawanie*,
- spełnienia wymagań *Rekomendacji IACS Nr 47 – Standard budowy i remontu kadłuba statku*.

**5.5** Kadłuby wszystkich okrętów w czasie budowy należy poddać próbom szczelności i wytrzymałości, w zakresie i metodami określonymi w rozdziale 6.

## 6 PRÓBY KONSTRUKCJI KADŁUBA

### 6.1 Postanowienia ogólne

**6.1.1** Niniejsze procedury prób powinny potwierdzić wodoszczelność zbiorników oraz wodoszczelnych przegród końcowych oraz stan konstrukcyjny zbiorników, które ograniczone są wodoszczelnymi przegrodami<sup>2</sup> okrętów. Procedury te można także zastosować do zweryfikowania strugoszczelności okrętowych konstrukcji oraz wyposażenia. Szczelność wszystkich zbiorników oraz wodoszczelnych przegród końcowych nowobudowanych okrętów oraz okrętów poddanych znacznej przebudowie lub naprawach głównych<sup>3</sup> należy potwierdzić przy zastosowaniu niniejszych procedur prób przed dostarczeniem okrętu.

### 6.2 Zastosowanie

**6.2.1** Wszystkie zbiorniki opadowe<sup>4</sup> i przegrody końcowe, od których wymagana jest wodoszczelność lub strugoszczelność, powinny być poddane badaniu w celu potwierdzenia szczelności i wytrzymałości konstrukcyjnej, w następujący sposób:

**6.2.1.1** zbiorniki opadowe na szczelność i wytrzymałość konstrukcji;

**6.2.1.2** wodoszczelne przegrody końcowe inne niż przegrody zbiorników – na ich wodoszczelność, oraz;

**6.2.1.3** strugoszczelne przegrody końcowe na ich strugoszczelność.

**6.2.2** Próby konstrukcji niewymienionych w tabelach 6.4.6-1 lub 5.1 podlegają specjalnemu rozpatrzeniu przez PRS.

### 6.3 Rodzaje prób oraz definicje

**6.3.1** W niniejszych wymaganiach podano wymagania dla dwu poniższych typów prób

Próba konstrukcyjna – próba przeprowadzona w celu sprawdzenia wytrzymałości konstrukcyjnej zbiornika. Może być to próba hydrostatyczna lub, gdy sytuacja na to pozwala, próba hydropneumatyczna.

Próba szczelności – próba przeprowadzona w celu wykazania szczelności przegrody końcowej. Jeżeli nie jest wskazany konkretny rodzaj próby, może być ona próbą hydrostatyczną/ hydropneumatyczną lub powietrzną. Próba strumieniem wody może być uznana za dopuszczalną formę próby szczelności dla niektórych przegród końcowych, na co wskazuje odwołanie 3 w tabeli 6.4.6-1.

**6.3.2** Poniżej podano definicje każdego rodzaju próby

Próba hydrostatyczna (szczelności i konstrukcyjna)	Próba poprzez wypełnienie przestrzeni cieczą do podanej wysokości
Próba hydropneumatyczna (szczelności i konstrukcyjna)	Próba będąca połączeniem próby hydrostatycznej z powietrzną, przy której przestrzeń jest częściowo wypełniona cieczą, a na powierzchnię tej cieczy działa ciśnienie powietrza.
Próba strumieniem wody (szczelności)	Próba sprawdzenia szczelności połączenia za pomocą polewania wodą z połączeniem widocznym od strony przeciwnej.
Próba powietrzna (szczelności)	Próba sprawdzenia szczelności poprzez zastosowanie nadciśnienia powietrza i użycie płynu wskazującego na miejsce przecieku. Obejmuje próbę powietrzną

<sup>2</sup> Przegroda wodoszczelna oznacza główne przegrody poprzeczne i wzdłużne okrętu, który jest objęty wymaganiami dotyczącymi podziału grodziowego.

<sup>3</sup> Naprawa główna oznacza naprawę mającą wpływ na integralność konstrukcyjną.

<sup>4</sup> Zbiornik opadowy oznacza zbiornik poddawany ciśnieniu par nie większemu niż 70 kPa.

	zbiornika i próby powietrzne połączeń (próba sprężonym powietrzem spoin pachwinowych i próba pęcherzykowa z komorą próżniową).
Próba sprężonym powietrzem dla spoin pachwinowych (szczelności)	Próba powietrzna spoin pachwinowych połączenia teowego, z zastosowaniem płynu wskazującego.
Próba pęcherzykowa z komorą próżniową (szczelności)	Skrzynka nad połączeniem z zastosowaniem płynu wskazującego do zbadania spoin. W celu wykrycia jakichkolwiek przecieków, wewnątrz skrzynki wytwarzana jest próżnia.
Próba ultradźwiękowa (szczelności)	Próba sprawdzenia uszczelnienia urządzeń zamykających takich jak pokrywy luków metodą ultradźwiękową.
Próba penetracyjna: (szczelności)	Próba sprawdzenia, czy nie ma wizualnych wskazań (dowodów) na możliwość ciągłych przecieków w przegrodach końcowych przedziału poprzez zastosowanie cieczy o niskim napięciu powierzchniowym (tzn. próba z penetrantem barwnym).

## 6.4 Procedury prób

### 6.4.1 Wymagania ogólne

Próby powinny być przeprowadzane w obecności inspektora PRS, na etapie bliskim końca prac, po zainstalowaniu wszystkich luków, drzwi, okien itp., zamontowaniu wszystkich przejść przez przegrody (łącznie z połączeniami rurowymi), a przed zasłonięciem połączeń przez szalunek sufitu lub za betonowanie. Wymagania odnośnie poszczególnych prób podane są w 6.4.4 i tabeli 6.4.6-1. Informacje na temat ograniczeń stosowania powłok oraz zapewnienia bezpiecznego dostępu do połączeń podano w 6.4.5, 6.4.6 i tabeli 6.4.6-2.

### 6.4.2 Procedura próby konstrukcyjnej

#### 6.4.2.1 Rodzaj i czas próby

W przypadku, gdy w tabeli 6.4.6-1 wymieniona jest próba konstrukcyjna, można zastosować próbę hydrostatyczną zgodną z 6.4.4.1. Tam, gdzie istniejące w praktyce ograniczenia (wytrzymałość pochylni, mała gęstość płynu itp.) uniemożliwiają wykonanie próby hydrostatycznej, dopuszcza się zamiennie próbę hydropneumatyczną, zgodnie z 6.4.4.2.

W celu stwierdzenia wystarczającej wytrzymałości konstrukcyjnej można wykonać próbę hydrostatyczną lub hydropneumatyczną na statku znajdującym się już na wodzie, pod warunkiem że wyniki próby szczelności wykonanej przed zwodowaniem okrętu okażą się zadowalające.

#### 6.4.2.2 Program prób dla okrętów nowobudowanych lub poddawanych znacznej przebudowie

**6.4.2.2.1** Zbiorniki, które przeznaczone są do magazynowania cieczy i stanowią część przegrody wodoszczelnej okrętu<sup>5</sup> powinny być poddane próbie szczelności i wytrzymałości konstrukcyjnej zgodnie z Tabelą 6.4.6-1.

**6.4.2.2.2** Grodzie ograniczające zbiorników powinny być poddane próbie konstrukcyjnej przynajmniej z jednej strony. Zbiorniki do próby konstrukcyjnej powinny być wybierane w taki sposób, by wszystkie reprezentatywne usztywnienia zostały sprawdzone przy spodziewanych w eksploatacji wartościach rozciągania i ściskania.

**6.4.2.2.3** W przypadku wodoszczelnych przegród końcowych przestrzeni innych niż zbiorniki można nie stosować próby konstrukcyjnej, pod warunkiem że wodoszczelność przegród końcowych tych przestrzeni zostanie sprawdzona w próbie szczelności i poprzez oględziny. Próbę konstrukcyjną oraz wymagania dla prób konstrukcyjnych zbiorników z punktów 6.4.2.2.1 do 6.4.2.2.5 należy jednak stosować dla ładowni balastowych,

<sup>5</sup> Przegroda wodoszczelna oznacza główne przegrody poprzeczne i wzdłużne statku, który jest objęty wymaganiami dotyczącymi podziału grodziowego zawartymi w rozdziale II-1 konwencji SOLAS

komór łańcuchowych oraz reprezentatywnej ładowni spośród ładowni, które są przeznaczone do balastowania w porcie.

**6.4.2.2.4** Zbiorniki, które nie stanowią części przegrody wodoszczelnej okrętu<sup>6</sup>, mogą być wyłączone z prób konstrukcyjnych, pod warunkiem że wodoszczelność przegród końcowych ograniczających te przestrzenie zostanie sprawdzona w próbie szczelności i poprzez oględziny.

### 6.4.3 Przebieg próby szczelności

Jako próby szczelności wymienione w tabeli 6.4.6-1 można zastosować próby powietrzne zbiorników, próby sprężonym powietrzem dla spoin pachwinowych, próby pęcherzykowe (zgodnie z 6.4.4.4 do 6.4.4.6) lub ich kombinację. Próby hydrostatyczne lub hydropneumatyczne mogą być również zaakceptowane jako próby szczelności, pod warunkiem spełnienia wymagań z 6.4.5, 6.4.6 i 6.4.7. Próby strumieniem wody mogą również być odpowiednie dla miejsc wyszczególnionych w tabeli 6.4.6-1, uwaga 3, zgodnie z 6.4.3.

Badanie szczelności każdego typu złącza spawanego omówiono w Tabeli 6.4.6-2.

Próby powietrzne połączeń mogą być wykonywane na etapie budowy bloków, pod warunkiem zakończenia wszystkich prac mogących oddziaływać na szczelność połączeń przed przystąpieniem do próby (patrz również 6.4.5.1 odnośnie nakładania końcowych powłok ochronnych i 6.4.6 odnośnie bezpiecznego dostępu do połączeń oraz ich zestawienie w tabeli 6.4.6-2).

### 6.4.4 Metody badań

#### 6.4.4.1 Próba hydrostatyczna

O ile inna ciecz nie zostanie zaakceptowana, próba hydrostatyczna powinna polegać na wypełnieniu przestrzeni wodą słodką lub morską (w zależności od tego, która jest odpowiednia), do wysokości określonej w tabeli 6.4.6-1. Patrz także 6.4.7.

W przypadku, gdy zbiornik jest przeznaczony do ładunków o większej gęstości niż woda morska i ma być poddawany próbie z użyciem wody słodkiej lub morskiej, wysokość słupa cieczy do próby powinna symulować rzeczywiste obciążenie dla tych większych gęstości ładunku, w najbardziej możliwy praktycznie sposób.

Wszystkie zewnętrzne powierzchnie przestrzeni poddawanej próbie powinny być sprawdzone pod względem odkształceń konstrukcji, wybrzuszeń i wyboczeń, innych podobnych uszkodzeń oraz przecieków.

#### 6.4.4.2 Próba hydropneumatyczna

Uzgodniona próba hydropneumatyczna powinna przebiegać tak aby warunki badania, w połączeniu z uzgodnionym poziomem cieczy i dopełniającym ciśnieniem powietrza, symulowały rzeczywiste obciążenie w najbardziej możliwy sposób. Wymagania i zalecenia odnośnie prób powietrznych zbiorników w 6.4.4.4 dotyczą również próby hydropneumatycznej. Patrz także 6.4.7.

Wszystkie zewnętrzne powierzchnie przestrzeni poddawanej próbie powinny być sprawdzone pod względem odkształceń konstrukcji, wybrzuszeń i wyboczeń, innych podobnych uszkodzeń oraz przecieków.

#### 6.4.4.3 Próba strumieniem wody

Próba strumieniem wody powinna być wykonywana przy ciśnieniu w dyszy węża utrzymywanym przynajmniej na poziomie  $2 \cdot 10^5$  Pa w trakcie całej próby. Wewnętrzna średnica dyszy powinna wynosić co najmniej 12 mm, a dysza powinna być umieszczona prostopadle do złącza w odległości nie przekraczającej 1,5 m. Strumień wody powinien być podawany bezpośrednio na spoinę.

Tam, gdzie zastosowanie próby strumieniem wody nie jest wskazane ze względu na możliwe uszkodzenie maszyn, izolacji wyposażenia elektrycznego lub elementów wyposażenia, może być ona

<sup>6</sup> Przegroda wodoszczelna oznacza główne przegrody poprzeczne i wzdłużne statku, który jest objęty wymaganiami dotyczącymi podziału grodziowego zawartymi w rozdziale II-1 konwencji SOLAS

zastąpiona przez dokładne badanie wizualne połączeń spawanych, wsparte, jeśli to konieczne innymi metodami, takimi jak badania penetracyjne, badania szczelności metodą ultradźwiękową, lub równoważne.

#### 6.4.4.4 Próba powietrzna zbiorników

Wszystkie spoiny przegród końcowych, połączenia montażowe oraz przejścia łącznie z połączeniami rurowymi powinny być zbadane zgodnie z zatwierdzoną procedurą oraz pod stałym nadciśnieniem względem ciśnienia atmosferycznego nie mniejszym niż  $0,15 \cdot 10^5$  Pa i z zastosowaniem płynu wskazującego, takiego jak mydliny/detergent lub produkt firmowy.

Należy zamontować rurę w kształcie litery U, wypełnioną wodą do wysokości odpowiadającej ciśnieniu testowemu. Rura u-kształtna powinna mieć przekrój nie mniejszy od przekroju rury dostarczającej powietrze do zbiornika. Dopuszcza się rozwiązanie obejmujące zastosowanie dwu kalibrowanych mierników ciśnienia sprawdzających wymagane ciśnienie próbne, z uwzględnieniem postanowień zawartych w F5.1 oraz F7.4 Zaleceń IACS nr 140 „Zalecenia dotyczące środków bezpieczeństwa podczas przeglądów i prób instalacji pod ciśnieniem (Recommendation for Safe Precautions during Survey and Testing of Pressurized Systems)”.

Należy przeprowadzić dwukrotne oględziny badanych spoin. Pierwsze należy wykonać natychmiast po zastosowaniu płynu wskazującego na przecieki; następne po około czterech lub pięciu minutach w celu wykrycia tych drobnych przecieków, które wymagają czasu, żeby się ujawnić.

#### 6.4.4.5 Próba sprężonym powietrzem dla spoin pachwinowych

W niniejszej próbie powietrznej, sprężone powietrze jest wtłaczane z jednego końca połączenia spoiną pachwinową, a ciśnienie jest sprawdzane na drugim końcu połączenia miernikiem ciśnienia.

Mierniki ciśnienia powinny być tak zainstalowane, żeby ciśnienie powietrza o wielkości minimum  $0,15 \cdot 10^5$  Pa mogło być sprawdzone przy każdym końcu każdego przejścia w obrębie każdej badanej części.

**Uwaga:** Kiedy wymagana jest próba szczelności konstrukcji obejmującej spoiny z częściowym przetopem i próg jest wystarczająco duży (6–8 mm), próba sprężonym powietrzem powinna być również wykonana w taki sam sposób, jak dla spoiny pachwinowej, której próg jest duży, tzn. 6 do 8 mm..

#### 6.4.4.6 Próba pęcherzykowa

Skrzynka (komora próżniowa) z podłączeniami do powietrza, miernikami i okienkiem inspekcyjnym jest umieszczana nad połączeniem, a płyn wskazujący nalewany w sąsiedztwie lica spoiny. Powietrze w skrzynce jest usuwane przez eżektor w celu wytworzenia wewnątrz próżni o ciśnieniu  $0,20 \cdot 10^5 \div 0,26 \cdot 10^5$  Pa.

#### 6.4.4.7 Próba ultradźwiękowa

Należy umieścić nadajnik ultradźwięków wewnątrz przedziału, a odbiornik na zewnątrz. Wodolub strugoszczelne przegrody końcowe przedziału są skanowane przez odbiornik w celu wykrycia przenikania fal ultradźwiękowych. Miejsce, gdzie odbiornik wykrywa dźwięk, wskazuje na brak uszczelnienia przedziału.

#### 6.4.4.8 Badanie penetracyjne

Próba spoin doczołowych lub innych połączeń spawanych polega na zastosowaniu płynu o niskim napięciu powierzchniowym na jednej stronie przegrody końcowej przedziału lub fragmentu konstrukcji. Jeśli nie wykryto cieczy po drugiej stronie przegrody po upływie określonego czasu, przegrodę uznaje się za szczelną. W niektórych przypadkach wywoływacz może być наносzony pędzlem lub natryskiwany na drugą stronę spoiny w celu ułatwienia wykrycia nieszczelności.



#### **6.4.4.9 Inne badania**

PRS może rozważyć zastosowanie innych metod badania, przed rozpoczęciem prób, po otrzymaniu szczegółowego opisu metodyki.

#### **6.4.5 Nakładanie powłok**

##### **6.4.5.1 Powłoki nawierzchniowe**

W przypadku spoin doczołowych wykonywanych automatem spawalniczym, powłoki nawierzchniowe mogą być nakładane w każdym momencie przed zakończeniem próby szczelności przestrzeni graniczącej z tym połączeniem pod warunkiem, że spoiny te zostały dokładnie obejrzone przez inspektora PRS i wynik tej inspekcji był dla niego zadawalający.

Inspektorzy PRS mają prawo zażądać wykonania próby szczelności przed nałożeniem powłoki nawierzchniowej na doczołowe spoiny montażowe wykonane automatem.

W przypadku pozostałych połączeń należy nakładać powłokę nawierzchniową po zakończeniu próby szczelności połączenia (patrz również tabela 6.4.6-2).

##### **6.4.5.2 Powłoki tymczasowe**

Każda powłoka tymczasowa, która może zasłaniać braki lub nieszczelności powinna być nakładana w czasie wskazanym dla nakładania powłok nawierzchniowych (patrz 6.4.5.1). Wymaganie to nie dotyczy powłoki gruntu do czasowej ochrony (shop primer) .

#### **6.4.6 Bezpieczny dostęp do połączeń**

Należy zapewnić bezpieczny dostęp do wszystkich badanych połączeń przy próbach szczelności (patrz również tabela 6.4.6-2).



**Tabela 6.4.6-1**  
**Wymagania dotyczące prób zbiorników i przegród końcowych**

Lp.	Zbiornik lub przegroda końcowa poddana próbie	Rodzaj próby	Wysokość słupa wody lub ciśnienie zastosowane podczas próby konstrukcyjnej	Uwagi
1	Zbiorniki w dnie podwójnym <sup>4</sup>	szczelności i konstrukcyjna <sup>1</sup>	większe z następujących: – wysokość wody do poziomu wierzchołka rury odpowietrzającej, – wysokość wody do poziomu 2,4 m powyżej najwyższego punktu w zbiorniku <sup>2</sup> , – do pokładu grodziowego	
2	Puste przestrzenie dna podwójnego <sup>5</sup>	szczelności	patrz 6.4.4.4 do 6.4.4.6 odpowiednio	łącznie z podwójnym dnem pompowni oraz podwójnym kadłubem zbiornika paliwa wymaganym przez MARPOL Annex I
3	Zbiorniki w burtach podwójnych	szczelności i konstrukcyjna <sup>1</sup>	większe z następujących: – wysokość wody do poziomu wierzchołka rury odpowietrzającej, – wysokość wody do poziomu 2,4 m powyżej najwyższego punktu w zbiorniku <sup>2</sup> , – do pokładu grodziowego	
4	Puste przestrzenie w burtach podwójnych	szczelności	patrz 6.4.4.4 do 6.4.4.6 odpowiednio	
5	Zbiorniki głębokie inne niż te wymienione w pozostałych miejscach tej tabeli	szczelności i konstrukcyjna <sup>1</sup>	– większe z następujących : – wysokość wody do poziomu wierzchołka rury odpowietrzającej, lub – wysokość wody do poziomu 2,4 m powyżej najwyższego punktu w zbiorniku <sup>2</sup>	
6	Zbiorniki ładunkowe na ropę	szczelności i konstrukcyjna <sup>1</sup>	– większe z następujących : – wysokość wody do poziomu wierzchołka rury odpowietrzającej, – wysokość wody do poziomu 2,4 m powyżej najwyższego punktu w zbiorniku <sup>2</sup> , – wysokość najwyższego punktu w zbiorniku <sup>2</sup> plus ciśnienie otwierające dowolny zawór bezpieczeństwa	
7	Skrajniki dziobowy i rufowy używane jako zbiorniki	szczelności i konstrukcyjna <sup>1</sup>	większe z następujących: – wysokość wody do poziomu wierzchołka rury odpowietrzającej, lub – wysokość wody do poziomu 2,4 m powyżej najwyższego punktu w zbiorniku <sup>2</sup>	próbę skrajnika rufowego należy przeprowadzać po zamontowaniu pochwy wału śrubowego
8	.1 Skrajnik dziobowy zawierający wyposażenie	szczelności	patrz 6.4.4.3 do 6.4.4.6 odpowiednio	
	.2 Puste przestrzenie skrajnika dziobowym	szczelności i konstrukcyjna <sup>1,9</sup>	patrz 6.4.4.4 do 6.4.4.6 odpowiednio	
	.3 Skrajnik rufowy zawierający wyposażenie	szczelności	patrz 6.4.4.3 do 6.4.4.6 odpowiednio	

Lp.	Zbiornik lub przegroda końcowa poddana próbie	Rodzaj próby	Wysokość słupa wody lub ciśnienie zastosowane podczas próby konstrukcyjnej	Uwagi
	.4 Puste przestrzenie w skrajniku rufowym	szczelności	patrz 6.4.4.4 do 6.4.4.6 odpowiednio	próbę skrajnika rufo-wego należy przeprowadzić po zamontowaniu pochwy wału śrubowego
9	Koferdamy (przedziały ochronne)	szczelności	patrz 6.4.4.4 do 6.4.4.6 odpowiednio	
10	.1 Grodzie wodoszczelne	szczelności <sup>8</sup>	patrz 6.4.4.3 do 6.4.4.6 odpowiednio <sup>7</sup>	
	.2 Grodzie końcowe nadbudówki	szczelności	patrz 6.4.4.3 do 6.4.4.6 odpowiednio	
11	Drzwi i furty wodoszczelne poniżej pokładu wolnej burty lub pokładu grodziowego	szczelności <sup>6,7</sup>	patrz 6.4.4.3 do 6.4.4.6 odpowiednio	
12	Stery dwupozyciowe	szczelności	patrz 6.4.4.4 do 6.4.4.6 odpowiednio	
13	Tunel wału poza zbiornikami głębokimi	szczelności <sup>3</sup>	patrz 4.4.3 do 4.4.6 odpowiednio	
14	Drzwi w zewnętrznej powłoce kadłuba (inne niż wodoszczelne)	szczelności <sup>3</sup>	patrz 6.4.4.3 do 6.4.4.6 odpowiednio	
15	Strugoszczelne pokrywy luków i urządzenia zamykające	szczelności <sup>3,7</sup>	patrz 6.4.4.3 do 6.4.4.6 odpowiednio	bez pokryw luków zamykanych brezentem i listwami
16	Komory łańcuchowe	szczelności i konstrukcyjna <sup>1</sup>	wysokość wody do wierzchołka kluzy łańcuchowej	
17	Zbiorniki ściekowe oleju smarnego i inne podobne zbiorniki/przestrzenie pod głównymi silnikami	szczelności <sup>9</sup>	patrz 6.4.4.3 do 6.4.4.6 odpowiednio	
18	Kanały balastowe	szczelności i konstrukcyjna <sup>1</sup>	większe z następujących: – maksymalne ciśnienie pomp balastowych, – ciśnienie otwierające dowolny zawór bezpieczeństwa	
19	Zbiorniki paliwa	szczelności i konstrukcyjna <sup>1</sup>	większe z następujących: – wysokość wody do poziomu wierzchołka rury odpowietrzającej, – wysokość wody do poziomu 2,4 m powyżej najwyższego punktu w zbiorniku <sup>2</sup> , – wysokość najwyższego punktu w zbiorniku <sup>2</sup> + ciśnienie otwierające dowolny zawór bezpieczeństwa – do pokładu grodziowego	

<sup>1</sup> Patrz 6.4.2.2.

<sup>2</sup> Najwyższy punkt zbiornika należy odnosić do poziomu pokładu tworzącego wierzch zbiornika, bez uwzględnienia zrębnic luków.

<sup>3</sup> Próba strumieniem wody może być również uznana jako sposób przeprowadzenia tego testu (patrz 6.3.2).

<sup>4</sup> Z uwzględnieniem zbiorników rozplanowanych zgodnie z postanowieniami konwencji SOLAS, paragraf II-1/9.4.

- 5 Z uwzględnieniem stępek skrzynkowych i suchych przedziałów rozplanowanych zgodnie z postanowieniami Konwencji SOLAS, odpowiednio prawidło II-1/11.2 i II-1/9.4 i/lub osłony zbiorników paliwa oraz osłony dna pompowni rozplanowanych zgodnie z odpowiednio prawidłem 12A w MARPOL, Aneks I, rozdział 3, Część A lub prawidłem 22, Aneks I, rozdział 4, Część A.
- 6 W przypadku gdy wodoszczelność drzwi wodoszczelnych nie została potwierdzona próbą prototypu drzwi, należy przeprowadzić próbę poprzez zalanie wodą przedziałów wodoszczelnych (patrz SOLAS prawidło II-1/16.2 i cyrkularz MSC/Circ.1176).
- 7 Jako alternatywę dla próby strumieniem wody można zastosować inne metody wymienione w 6.4.4.7 do 6.4.4.9 pod warunkiem zweryfikowania, czy takie metody są wystarczające (patrz SOLAS prawidło II-1/11.1). W przypadku grodzi wodoszczelnych (poz. 10.1) można stosować próby alternatywne względem próby strumieniem wody tylko tam, gdzie próba strumieniem wody byłaby niewykonalna.
- 8 Próba szczelności i konstrukcyjna, patrz 6.4.2.2, powinna być wykonana dla reprezentatywnej ładowni z tych przewidywanych do celów balastowania w porcie. Poziom zalania takich ładowni powinien odpowiadać maksymalnemu załadowaniu w porcie, określone w podręczniku ładunkowym.
- 9 W przypadku gdy zbiorniki osadowe oleju smarnego oraz inne podobne przestrzenie pod silnikami głównymi przeznaczone do przechowywania cieczy stanowią część przegrody wodoszczelnej statku, powinny być one sprawdzane zgodnie z wymaganiami p. 5 „Zbiorniki głębokie inne niż te wymienione w pozostałych miejscach tej tabeli”.

**Tabela 6.4.6-2****Próby szczelności, powłoki i środki bezpiecznego dostępu dla połączeń spawanych różnych typów**

Typ połączenia spawanego		Próba szczelności	Powłoka <sup>1</sup>		Bezpieczny dostęp <sup>2</sup>	
			Przed próbą szczelności	Po próbie szczelności a przed próbą konstrukcyjną	Próba szczelności	Próba konstrukcyjna
Doczołowe	Automatyczne	Niewymagana	Dozwolona <sup>3</sup>	Nie dotyczy	Niewymagana	Niewymagana
	Ręczne/pół-automatyczne <sup>4</sup>	Wymagana	Niedozwolona	Dozwolona	Wymagana	Niewymagana
Pachwinowe	Przegroda końcowa łącznie z przejściami	Wymagana	Niedozwolona	Dozwolona	Wymagana	Niewymagana

- <sup>1</sup> Termin „powłoka” odnosi się do wewnętrznej (w zbiorniku, ładowni), gdzie ją zastosowano i zewnętrznej (na poszyciu kadłuba, pokładzie) warstwy farby. Nie odnosi się do powłoki gruntu do czasowej ochrony (shop primer).
- <sup>2</sup> Tymczasowe środki dostępu w celu weryfikacji próby szczelności.
- <sup>3</sup> Ten warunek ma zastosowanie do spoin, które zostały dokładnie obejrzone przez inspektora PRS i wynik tej inspekcji był dla niego zadowalający.
- <sup>4</sup> Półautomatyczne doczołowe spoiny wykonane poprzez spawanie łukowe drutem rdzeniowym (Flux Core Arc Welding: FCAW) nie muszą być poddane tym próbom pod warunkiem, że ich dokładne obejrzenie wykazało ciągły, jednolity profil spoiny, wolny od śladów napraw, a wyniki badań nieniszczących nie wskazują na istnienie żadnych znaczących wad.

**6.4.7 Hydrostatyczna lub hydropneumatyczna próba szczelności**

W przypadku gdy zamiast właściwej próby szczelności stosowana jest próba hydrostatyczna lub hydropneumatyczna, badane grodzie końcowe muszą być suche. W przeciwnej sytuacji małe przecieki nie byłyby widoczne.

## B WYMAGANIA PODSTAWOWE

### 1 POSTANOWIENIA OGÓLNE

#### 1.1 Struktura wymagań

**1.1.1** W niniejszym Dziale B podano wymagania, których spełnienie jest konieczne dla uzyskania zasadniczego symbolu klasy okrętu. Wymagania te zapewniają określony przez PRS minimalny poziom bezpieczeństwa wytrzymałościowego konstrukcji kadłuba okrętu, w przewidzianym zakresie obciążeń eksploatacyjnych – stałych i zmiennych, obejmujących obciążenia morskie na wodzie spokojnej i na fali, obciążenia od zapasów i ładunków stałych i płynnych, obciążenia od wyposażenia ogólnego i uzbrojenia oraz inne standardowe obciążenia w pomieszczeniach okrętu – załogowych, służbowych, itp.

**1.1.2** W szczególności w dziale B podano wymagania dotyczące materiałów stosowanych na kadłub i ochrony przed korozją, wymagania dotyczące szczegółowych rozwiązań konstrukcyjnych poszczególnych elementów kadłuba okrętu (w tym wymagania dotyczące połączeń spawanych), wymagania dotyczące konstrukcji poszczególnych rejonów kadłuba (dno, burty, pokłady, itp.), zasady wymiarowania konstrukcji, obciążenia obliczeniowe oraz kryteria wytrzymałościowe.

**1.1.3** Wymagania związane z dostosowaniem konstrukcji kadłubów okrętów do specyficznych obciążeń związanych z ich funkcją podano w dziale C niniejszej *Części II*.

## 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 Przepisów klasyfikacji i budowy statków morskich*.

### 2.2 Stal kadłubowa

#### 2.2.1 Stal o zwykłej, podwyższonej i wysokiej wytrzymałości

**2.2.1.1** Na elementy konstrukcji kadłuba okrętu przewiduje się zastosowanie stali kadłubowej o zwykłej wytrzymałości NW oraz o podwyższonej wytrzymałości PW 32, PW 36 i PW 40. W przypadku silnie obciążonych konstrukcji mogą być zastosowane stale o wysokiej wytrzymałości, o wartości granicy plastyczności  $R_e$  równej 420, 460, 500, 550, 620 lub 690 MPa.

**2.2.1.2** W tabeli 2.2.1.2 podano przyjęte oznaczenia stali kadłubowych typu NW i PW, podział na kategorie i odpowiadające im wartości granicy plastyczności  $R_e$  (spójne z podanymi w *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	F		
NW	A	B	D	E	F	235	1,00
PW32	AH32	–	DH32	EH32	FH32	315	1,28
PW36	AH36	–	DH36	EH36	FH36	355	1,39
PW40	AH40	–	DH40	EH40	FH40	390	1,43

Kategorie stali o wysokiej wytrzymałości (oznaczone symbolami A, D, E i F) określono w rozdziale 4 *Części IX – Materiały i spawanie Przepisów klasyfikacji i budowy statków morskich*.

W przypadku tego typu stali można przyjmować:

$$k = \frac{R_e}{235} \quad (2.2.1.2)$$

ale powinny być spełnione kryteria dotyczące stateczności elementów konstrukcji określone w p. 13.3 oraz kryteria wytrzymałości zmęczeniowej określone w rozdziale 16.

**2.2.1.3** Materiały stosowane w elementach wytrzymałościowych konstrukcji kadłubów okrętów o długości  $L_0 > 65$  m nie podlegającym oddziaływaniu niskich temperatur (patrz p. 2.2.1.4) powinny być kategorii nie niższej niż podana w tabelach 2.2.1.3-1 i 2.2.1.3-2 – dla stali typu NW i PW.

Wymagane kategorie stali o wysokiej wytrzymałości należy wstępnie określać analogicznie jak w przypadku stali PW – o ile PRS nie będzie wymagał kategorii wyższych, na podstawie odrębnego rozpatrzenia tego problemu.

**Tabela 2.2.1.3-1**  
**Grupy wiązań i kategorie materiałów**

Elementy konstrukcyjne	Grupa wiązań / kategoria materiału	
	W rejonie $0,4 L_0$ w środkowej części okrętu	W pozostałych rejonach okrętu
<b>Drugorzędne</b> Poszycie pokładu otwartego – ogólnie Poszycie burt	I	A/AH
<b>Główne</b> Poszycie dna łącznie ze stępką płaską Poszycie pokładu wytrzymałościowego <sup>1)</sup> Ciągłe elementy wzdłużne powyżej pokładu wytrzymałościowego Górny pas poszycia grodzi wzdłużnej	II	A/AH
<b>Specjalne</b> Mocnica burtowa przy pokładzie wytrzymałościowym Mocnica pokładowa pokładu wytrzymałościowego Pas pokładu przy grodzi wzdłużnej Pas obłowy poszycia <sup>2)</sup>	III	II (I poza $0,6 L_0$ )

**Uwagi:**

- 1) Poszycie w narożach dużych otworów lukowych podlega odrębnemu rozpatrzeniu. W miejscach występowania dużych naprężeń miejscowych należy zastosować materiał odpowiadający grupie III wiązań lub materiał kategorii E/EH.
- 2) Może być grupy II na okrętach o długości mniejszej niż 150 m, z podwójnym dnem na całej szerokości.

Wymagania dotyczące kategorii materiału na elementy konstrukcji kadłuba w zależności od grupy wiązań i grubości elementu zostały określone w tabeli 2.2.1.3-2.

W przypadku elementów wytrzymałościowych nie wymienionych w tabeli 2.2.1.3-1 oraz elementów konstrukcji kadłubów okrętów o długości  $L_0 < 40$  m można generalnie stosować materiał kategorii A/AH. Pojedyncze pasy poszycia, które – zgodnie z wymaganiami – powinny być grupy III lub kategorii E/EH, w rejonie  $0,4 L_0$  śródokręcia powinny mieć szerokość co najmniej  $(800 + 5 L_0)$  mm; szerokość ta nie musi być większa niż 1800 mm. Kategoria stali powinna odpowiadać faktycznej grubości płyty, jeśli jest ona większa od wymaganej w niniejszej części *Przepisów*.

Grupy wiązań i kategorie materiałów stosowanych na kadłuby okrętów o długościach  $40 \text{ m} \leq L_0 \leq 65$  oraz silnie obciążone rejony konstrukcji kadłubów okrętów o długości  $L_0 < 40$  m (np. w rejonie fundamentów żurawi, uzbrojenia, itp.) podlegają odrębnemu rozpatrzeniu przez PRS.

Materiał poszycia tylnic, sterów, wsporników steru i wsporników wału powinien generalnie posiadać kategorię odpowiadającą co najmniej grupie II wiązań niezależnie od długości okrętu. 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 III grupie wiązań.

**Tabela 2.2.1.3-2**  
**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	AH
$25 < t \leq 30$	A	AH	D	AH	D	AH
$30 < t \leq 35$	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

**2.2.1.4** Materiały (stal NW i PW) na konstrukcje, podlegające oddziaływaniu niskich temperatur, okrętów pływających w rejonach o temperaturze powietrza  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  i poniżej powinny być dobierane w zależności od projektowej temperatury konstrukcji,  $t_p$ , określonej w 2.2.4. W przypadku stali o wysokiej wytrzymałości wymagane kategorie stali będą ustalone przez PRS, po odrębnym rozpatrzeniu.

Materiały na elementy wytrzymałościowe ze stali NW i PW, położone powyżej najniższej balastowej linii wodnej (BWL) i wystawione na oddziaływanie powietrza, powinny być kategorii nie niższych niż te odpowiadające grupom wiązań I, II i III zależnym od rodzaju elementów konstrukcyjnych, zgodnie z tabelą 2.2.1.4-1. Należy stosować wymagania wg tabeli 2.2.1.4-2.

**Tabela 2.2.1.4-1**  
**Grupy wiązań i kategorie materiałów**  
**- dla konstrukcji narażonych na niskie temperatury**

Elementy konstrukcyjne	Grupa wiązań	
	W rejonie $0,4 L_0$ w środkowej części okrętu	W pozostałych rejonach okrętu
<b>Drugorzędne</b> Poszycie pokładu otwartego – ogólnie Poszycie burtowe powyżej BWL Poprzeczne grodzie powyżej BWL	I	I
<b>Główne</b> Poszycie pokładu wytrzymałościowego <sup>1)</sup> Ciągłe elementy wzdłużne powyżej pokładu wytrzymałościowego – wyłączając zrzębnice luków Wzdłużne grodzie powyżej BWL	II	I
<b>Specjalne</b> Mocznica burtowa przy pokładzie wytrzymałościowym Mocznica pokładowa pokładu wytrzymałościowego Pas pokładu przy grodzi wzdłużnej Ciągłe wzdłużne zrzębnice luków <sup>2)</sup>	III	II

**Uwagi:**

- 1) Poszycie w narożach dużych otworów lukowych podlega odrębnemu rozpatrzeniu. W miejscach występowania dużych naprężeń miejscowych należy zastosować materiał odpowiadający grupie III wiązań lub materiał kategorii E/EH.
- 2) Nie mogą być kategorii niższej niż D/DH.

**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	$-20/-25\text{ }^{\circ}\text{C}$		$-26/-35\text{ }^{\circ}\text{C}$		$-36/-45\text{ }^{\circ}\text{C}$		$-46/-55\text{ }^{\circ}\text{C}$	
	NW	PW	NW	PW	NW	PW	NW	PW
$t \leq 10$	A	AH	B	AH	D	DH	D	DH
$10 < t \leq 15$	B	AH	D	DH	D	DH	D	DH
$15 < t \leq 20$	B	AH	D	DH	D	DH	E	EH
$20 < t \leq 25$	D	DH	D	DH	D	DH	E	EH
$25 < t \leq 30$	D	DH	D	DH	E	EH	E	EH
$30 < t \leq 35$	D	DH	D	DH	E	EH	E	EH

∅ = nie ma zastosowania



**Grupa II**

Grubość płyty, w mm	-20/-25 °C		-26/-35 °C		-36/-45 °C		-46/-55 °C	
	NW	PW	NW	PW	NW	PW	NW	PW
$t \leq 10$	B	AH	D	DH	D	DH	D	DH
$10 < t \leq 20$	D	DH	D	DH	E	EH	E	EH
$20 < t \leq 30$	D	DH	E	EH	E	EH	∅	FH
$30 < t \leq 40$	E	EH	E	EH	∅	FH	∅	FH

∅ = nie ma zastosowania

**Grupa III**

Grubość płyty, w mm	-20/-25 °C		-26/-35 °C		-36/-45 °C		-46/-55 °C	
	NW	PW	NW	PW	NW	PW	NW	PW
$t \leq 10$	D	DH	D	DH	E	EH	E	EH
$10 < t \leq 20$	D	DH	E	EH	E	EH	∅	FH
$20 < t \leq 25$	E	EH	E	EH	∅	FH	∅	FH
$25 < t \leq 30$	E	EH	E	EH	∅	FH	∅	FH
$30 < t \leq 35$	E	EH	E	EH	∅	FH	∅	FH

∅ = nie ma zastosowania

Wymaganą kategorię materiału elementów ze stali NW i PW niewystawionych na oddziaływanie powietrza i elementów położonych poniżej najniższej balastowej linii wodnej, należy określać wg tabel 2.2.1.3-1 i 2.2.1.3-2.

Wymagania dotyczące kategorii materiału na elementy kadłuba każdej klasy – w zależności od grubości, temperatury projektowej i grupy wiązań zostały określone w tabeli 2.2.1.4-2. Wymagania te nie zależą od długości  $L_0$  okrętu. W przypadku temperatury projektowej  $t_p < -55$  °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  $(800 + 5 L_0)$  mm. Szerokość ta nie musi 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.

**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 15 mm i więcej, 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 właściwościach mechanicznych nie niższych niż wymagane dla kategorii stali wymienionych w tabelach 2.2.1.3-1 i 2.2.1.3-2.



## 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, przy czym użyte tu określenia oznaczają:

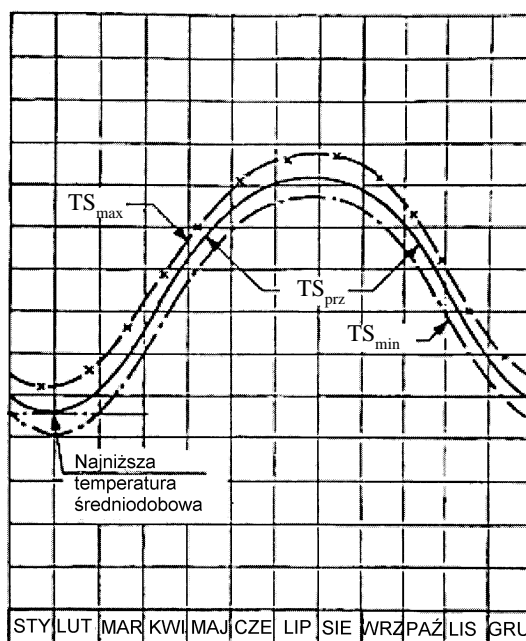
**najniższa** – najniższa w ciągu roku;

**przeciętna** – statystyczna średnia z okresu obserwacji (co najmniej 20 lat);

**średniodobowa** – przeciętna z jednej doby.

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

Na rys. 2.2.4.1 pokazano przykładowe rozkłady temperatur średniodobowych w funkcji pory roku.



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 okrętów posiadających w symbolu klasy okrętu znak wzmocnień lodowych L1A lub L1 przyjęta wartość temperatury  $t_p$  nie może być wyższa niż  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Za temperaturę projektową konstrukcji znajdujących się wewnątrz pomieszczeń chłodzonych należy przyjąć najniższą temperaturę powietrza,  $t_a$ , występującą w tych pomieszczeniach. 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 nie zastosowano jej,
- średniej najniższej temperaturze w sąsiadujących pomieszczeniach, jeżeli z obu stron konstrukcji zastosowano izolację.

W uzasadnionych przypadkach wartości projektowych temperatur konstrukcji mogą być podwyższone.

## 2.3 Inne materiały konstrukcyjne

### 2.3.1 Stopy aluminium

**2.3.1.1** Stopy aluminium stosowane na konstrukcje kadłubów okrętów, nadbudówek, pokładówek i elementów wyposażenia kadłuba powinny spełniać wymagania *Części IX – Materiały i spawanie Przepisów* dla statków morskich.

*Stopy aluminium cechuje niska masa właściwa przy relatywnie wysokiej wytrzymałości, co w efekcie daje korzystniejszy niż dla stali stosunek wytrzymałości do masy. Stopy aluminium cechują się dość wysoką odpornością korozyjną i amagnetycznością.*

*Stopy aluminium jednak niekorzystnie zmieniają swoje parametry w warunkach wystąpienia podwyższonej temperatury (powyżej 200 – 250 °C). Również wytrzymałość zmęczeniowa jest niższa w porównaniu ze stalą. Negatywną cechą jest także występowanie tzw. wtórnej fragmentacji podczas oddziaływania na konstrukcję wybuchów lub ostrzału.*

**2.3.1.2** Współczynnik materiałowy  $k$  dla stopów aluminium, służący do wyznaczenia dopuszczalnych wartości naprężeń w konstrukcji, należy określać według wzoru:

$$k = \frac{R'_e}{235} \quad (2.3.1.2-1)$$

gdzie:

$$R'_e = \text{Min}(R_{p0,2}; 0,7R_m), [\text{MPa}] \quad (2.3.1.2-2)$$

$R_{p0,2}$  i  $R_m$  – odpowiednio umowna granica plastyczności i wytrzymałości na rozciąganie, [MPa], określone w rozdziale 1 *Części IX – Materiały i spawanie Przepisów* dla statków morskich.

**2.3.1.3** Wartości  $R_{p0,2}$  i  $R_m$  dla aluminiowych wyrobów walcowanych i wyciskanych otwartych podano w tabelach 2.3.1.3-1 i 2.3.1.3-2.

Uwzględniono tam wartości  $R_{p0,2}$  i  $R_m$  w materiale rodzimym (w zależności od stanu dostawy) oraz w strefie wpływu ciepła, które należy stosować do wyznaczania wartości  $k$  dla rejonów spoin w konstrukcji. Szerokość strefy wpływu ciepła zależy od konstrukcji połączenia spawanego, grubości spoin, itp.

Przyjęta do obliczeń szerokość strefy wpływu ciepła nie może być mniejsza niż 25 mm.

**Tabela 2.3.1.3-1**  
**Wartości  $R_{p0,2}$  i  $R_m$  wyrobów walcowanych**

Kategoria	Stan dostawy	Grubość $t$ [mm]	Materiał rodzimy		Strefa wpływu ciepła	
			$R_{p0,2}$ [MPa]	$R_m$ [MPa]	$R_{p0,2}$ [MPa]	$R_m$ [MPa]
5083	0	$3 \leq t \leq 50$	125	275	125	275
	H112	$3 \leq t \leq 50$	125	275	125	275
	H116	$3 \leq t \leq 50$	215	305	125	275
	H321	$3 \leq t \leq 50$	215 ÷ 295	305	125	275
5383	0	$3 \leq t \leq 50$	145	290	145	290
	H116	$3 \leq t \leq 50$	220	305	145	290
	H321	$3 \leq t \leq 50$	220	305	145	290
5059	0	$3 \leq t \leq 50$	160	330	155	300
	H116	$3 \leq t \leq 20$	270	370	155	300
		$20 < t \leq 50$	260	360	155	300
	H321	$3 \leq t \leq 20$	270	370	155	300
		$20 < t \leq 50$	260	360	155	300

5086	0	$3 \leq t \leq 50$	95	240	95	240
	H112	$3 \leq t \leq 12,5$	125	250	100	240
		$12,5 < t \leq 50$	105	240	100	240
H116	$3 \leq t \leq 50$	195	275	100	240	
5754	0	$3 \leq t \leq 50$	80	190	80	190
5456	0	$3 \leq t \leq 6,3$	130	290	130	290
		$6,3 < t \leq 50$	125	285	125	285
	H116	$3 \leq t \leq 30$	230	315	125	290
		$30 < t \leq 40$	215	305	125	275
		$40 < t \leq 50$	200	285	100	240
	H321	$3 \leq t \leq 12,5$	230	315	125	290
		$12,5 < t \leq 40$	215	305	125	290
$40 < t \leq 50$		200	285	100	240	

**Tabela 2.3.1.3-2**  
**Wartości  $R_{p0,2}$  i  $R_m$  wyrobów wyciskanych otwartych**

Kategoria	Stan dostawy	Grubość $t$ [mm]	Materiał rodzimy		Strefa wpływu ciepła	
			$R_{p0,2}$ [MPa]	$R_m$ [MPa]	$R_{p0,2}$ [MPa]	$R_m$ [MPa]
5083	0	$3 \leq t \leq 50$	110	270	110	270
	H111	$3 \leq t \leq 50$	110	270	110	270
	H112	$3 \leq t \leq 50$	125	270	110	270
5383	0	$3 \leq t \leq 50$	145	290	145	290
	H111	$3 \leq t \leq 50$	145	290	145	290
	H112	$3 \leq t \leq 50$	190	310	145	290
5059	H112	$3 \leq t \leq 50$	200	330	155	300
5086	0	$3 \leq t \leq 50$	95	240	95	240
	H111	$3 \leq t \leq 50$	95	240	95	240
	H112	$3 \leq t \leq 50$	95	240	95	240
6005A	T5	$3 \leq t \leq 50$	215	260	115	165
		$3 \leq t \leq 10$	215	260	115	165
	T6	$10 < t \leq 50$	200	250	115	165
6061	T6	$3 \leq t \leq 50$	240	260	115	165
6082	T5	$3 \leq t \leq 50$	230	270	115	170
		$3 \leq t \leq 5$	250	290	115	170
	T6	$5 < t \leq 50$	260	310	115	170

### 2.3.2 Odkuwki stalowe i odlewy ze staliwa lub z żeliwa

Materiały te powinny spełniać wymagania *Części IX – Materiały i spawanie Przepisów* dla statków morskich oraz kryteria odporności uderowej.

### 2.3.3 Inne materiały

Zastosowanie innych materiałów w konstrukcji okrętu podlega odrębnemu rozpatrzeniu przez PRS. W szczególności dotyczy to stali o specyficznych właściwościach magnetycznych, na kadłuby okrętów do zwalczania min morskich.

## 2.4 Ochrona przed korozją

### 2.4.1 Zapobieganie korozji poprzez specjalne wymagania dotyczące konstrukcji

Zalecane jest takie konstruowanie kadłuba okrętu i jego nadbudówek/pokładówek, aby zminimalizować intensywność korozji.

W szczególności zalecane jest:

- unikanie rozwiązań konstrukcyjnych skutkujących lokalnym gromadzeniem się kropli wody;
- zapewnienie dostępu do dowolnych fragmentów konstrukcji – w celu umożliwienia zastosowania zabezpieczeń przed korozją (malowanie, instalowanie ochrony anodowej, itp.);
- zapewnienie skutecznej wentylacji konstrukcji;
- stosowanie elementów konstrukcji o gładkich powierzchniach;
- aby usztywnienia blach, węzłówki, itp. oraz elementy wyposażenia okrętu (np. rurociągi) stosować od strony mniej narażonej na korozję;
- ograniczenie stosowania spoin przerywanych do rejonów konstrukcji izolowanych termicznie, gdzie nie gromadzą się skropliny wody;
- szlifowanie krawędzi blach w celu zapewnienia dobrej przyczepności farby;
- uszczelnienie wewnątrz profili zamkniętych (np. pilersów w formie rur).

**2.4.2** Wszystkie zbiorniki balastowe posiadające ściany będące częścią zewnętrznego poszycia kadłuba, powinny mieć odpowiednią powłokę ochronną – epoksydową lub równoważną – wykonaną zgodnie z zaleceniami producenta. Zaleca się, aby powłoka była jasnego koloru.

W uzasadnionych przypadkach powinny być również zastosowane anody protektorowe.

Zalecane jest pokrycie powłokami przeciwkorozyjnymi wszystkich elementów konstrukcji stalowego kadłuba okrętu.

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 okręt może otrzymać w symbolu klasy znak **PAC**.

**2.4.3** W zbiornikach przeznaczonych do przewozu balastu wodnego grubości elementów konstrukcyjnych powinny być zwiększone o naddatki korozyjne określone w 2.5.

**2.4.4** Ochrona przed korozją konstrukcji zbiorników na paliwa lotnicze i specjalne oraz inne cieczki o agresywnych – ze względu na korozję – cechach, podlega odrębnemu rozpatrzeniu przez PRS.

**2.4.5** Wymagania dotyczące przeciwkorozyjnych powłok ochronnych oraz ochrony katodowej podane są w *Publikacji Nr 40/P – Materiały i wyroby niemetalowe*.

## 2.5 Naddatki korozyjne

**2.5.1** Punkty 2.5.2 do 2.5.6 dotyczą elementów konstrukcji kadłubów okrętów ze stali.

**2.5.2** Grubość płyt poszycia pionowych i poziomych grodzi ograniczających zbiorniki balastowe powinna być powiększona o naddatek korozyjny  $t_k$ , określany według wzoru:

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

$t_w$  – naddatek korozyjny, określony według 2.5.6, dla wewnętrznej strony płyty poszycia, [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 zbiorników balastowych powinny być powiększone o naddatek korozyjny  $t_k$ , określany według wzoru:

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

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

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

$t_w$  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, w którym znajduje się rozpatrywany element konstrukcyjny.

Jeżeli zbiornik jest ograniczony od góry pokładem pogodowym, to rejonem A tego zbiornika jest rejon rozciągający się pionowo od pokładu pogodowego do poziomu znajdującego się 1,5 m poniżej tego pokładu. Wszystkie inne rejonu zbiorników 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,

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

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

**2.5.7** W przypadku konstrukcji ze stopów aluminium naddatki korozyjne nie są wymagane.

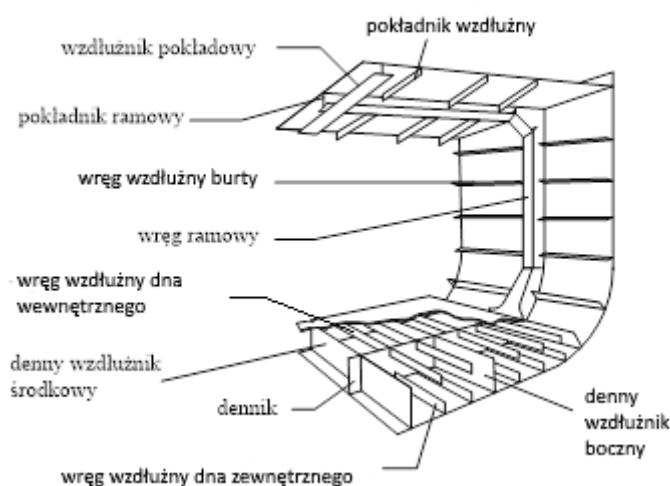
### 3 SZCZEGÓŁY KONSTRUKCYJNE

#### 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* nie podano inaczej.

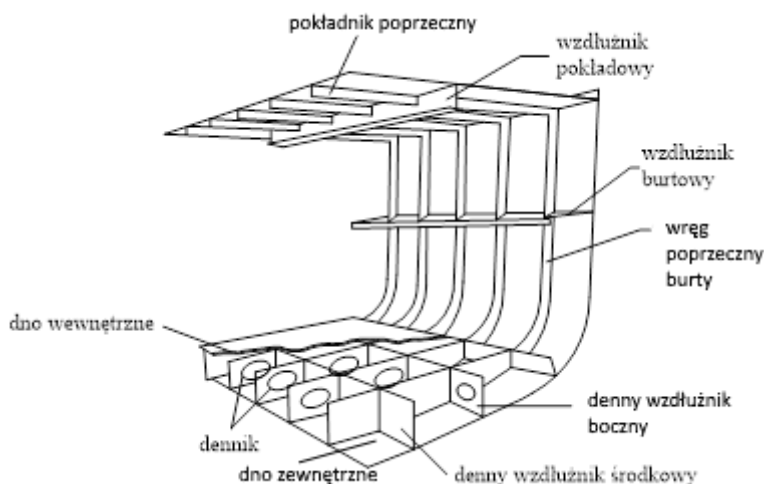
##### 3.1.1 Definicje wiązań kadłuba

Na rys. 3.1.1-1 i 3.1.1-2 pokazano fragmenty typowych kadłubów okrętów i szczegółowe nazwy wiązań (usztynień poszycia i wiązarów) obowiązujące w niniejszych przepisach.



Rys. 3.1.1-1

Elementy konstrukcji kadłuba we wzdłużnym systemie usztynień



Rys. 3.1.1-2

Elementy konstrukcji kadłuba w poprzecznym systemie wiązań

#### 3.1.2 Zaokrąglanie wymiarów wiązań

**3.1.2.1** Wymiary elementów zaokrągla się do najbliższej większej znormalizowanej wielkości. Dopuszcza się zaokrąglenie grubości płyt wymaganej na elementy konstrukcyjne do najbliższej mniejszej znormalizowanej wielkości, ale zaokrąglenie to nie może przekraczać 0,25 mm.

**3.1.2.2** 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 należy mierzyć jako długość cięciwy łączącej punkty podparcia ich końców.

### 3.2.2 Pas współpracujący

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

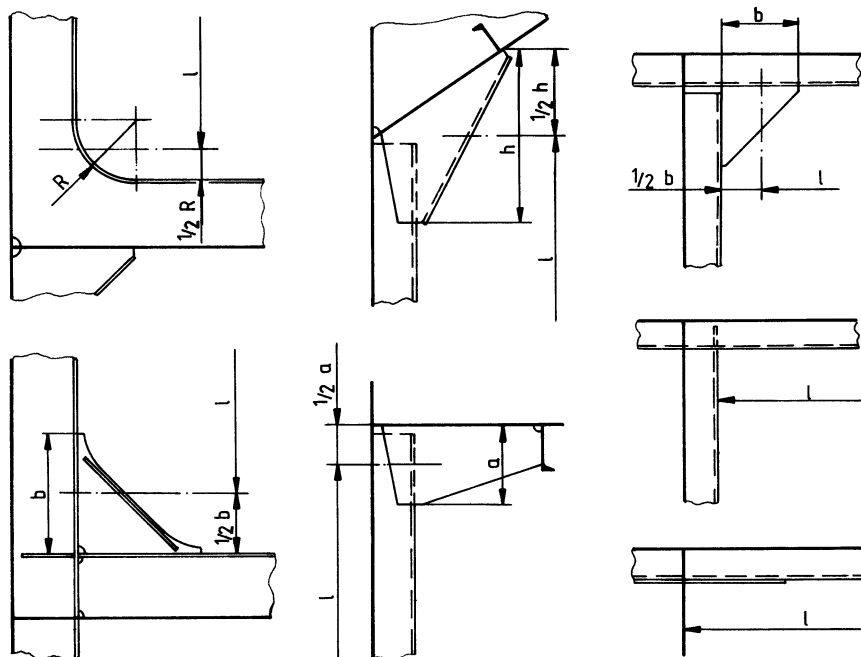
$$A_p = 10b_e t, \quad [\text{cm}^2] \quad (3.2.2.1)$$

$t$  – średnia grubość poszycia pasa współpracującego, [mm];

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

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

Pole przekroju pasa współpracującego poszycia dla wiarza powinno być nie mniejsze niż pole przekroju mocnika wiarza.



Rys. 3.2.1.1  
Określanie rozpiętości wiązań



**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 wiązań równoległych znajdujących się po obu jego stronach, [m].

**3.2.2.3** Efektywną szerokość pasa współpracującego wężara zwykłego należy określać według wzoru:

$$b_e = Kb, \quad [\text{m}] \quad (3.2.2.3)$$

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

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

$K$  – współczynnik określony według tabeli 3.2.2.3 w zależności od zredukowanej rozpiętości  $l_z$  wężara oraz od liczby  $n$  równomiernie i prostopadle rozmieszczonych usztywnień podpieranych przez rozpatrywany wężar;

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

$l_z = 0,6l$  – w przypadku wężara 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
$\geq 6$	0,38	0,62	0,79	0,88	0,94	0,98	1
$\leq 3$	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 wężarów efektywne pole przekroju  $A_e$  mocnika należy wyznaczać ze 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 środka, [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  $c_1$**

$\beta$	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

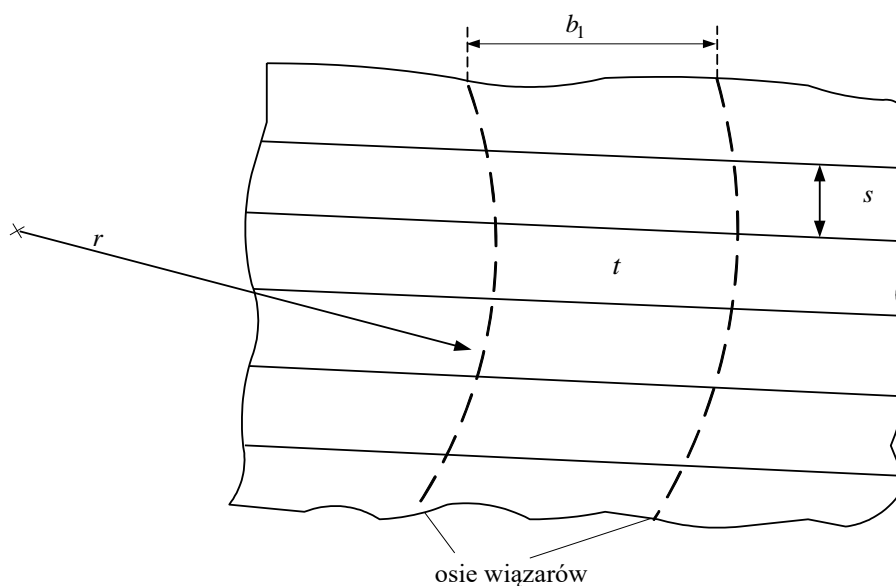
**Uwaga:** dla pośrednich wartości  $\beta$  współczynnik  $c_1$  należy wyznaczać stosując interpolację liniową.

**3.2.2.5** Efektywne pole przekroju  $A_e$  mocników zakrzywionych wiązarów podpartych przez węzłówki spawane do środków 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 ze wzoru:

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

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, a  $t$  – grubość poszycia grodzi profilowanej.

**3.2.2.7** Szerokość pasa współpracującego  $b_e$  zrębnicy łuku ładowni należy przyjmować jako równą 1/12 jej rozpiętości. Przyjęta wartość  $b_e$  powinna być nie większa od połowy odległości zrębnicy łuku 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

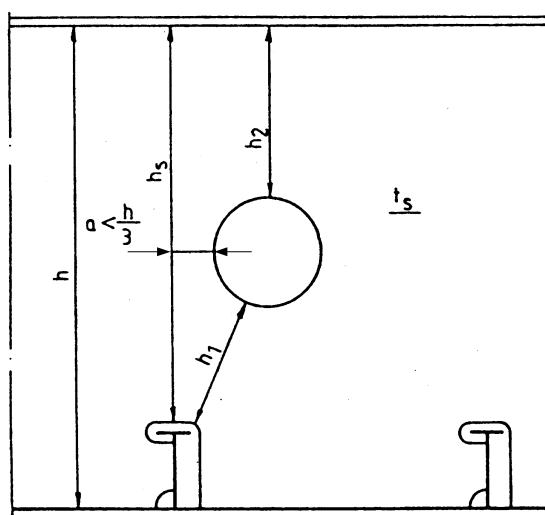
Efektywne pole poprzecznego przekroju środników wiązarów należy określać wg wzoru:

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

$t_s$  – 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:  $h_1$  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  $\alpha < 15^\circ$  ( $\alpha$  – 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:

$$W = \frac{ht}{2} \left( s_2 + \frac{s_3}{3} \right), \quad [\text{cm}^3] \quad (3.2.4-1)$$

$h, t$  – patrz rys. 3.2.4 a, [mm];

$s_2, s_3$  – patrz rys. 3.2.4 a, [m];

– dla elementu o szerokości  $s$  grodzi profilowanej falistej:

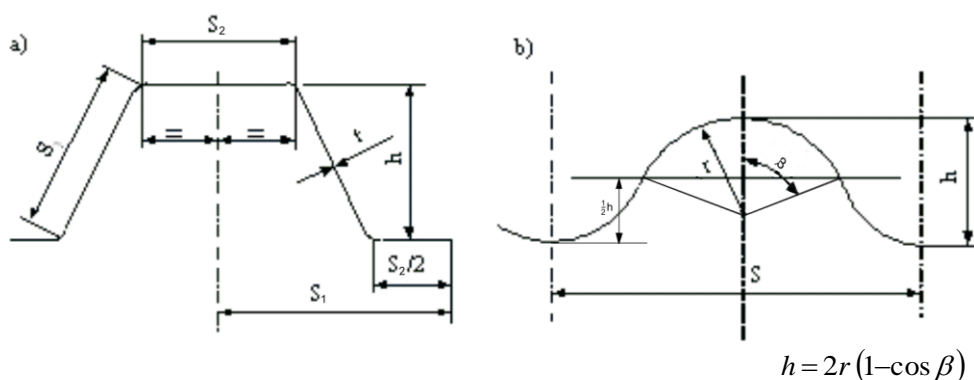
$$W = ctr^2, \quad [\text{cm}^3]$$

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

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

$t, r, s$  – patrz rys. 3.2.4 b, [cm];

$\beta$  – patrz rys. 3.2.4 b, [radiany].

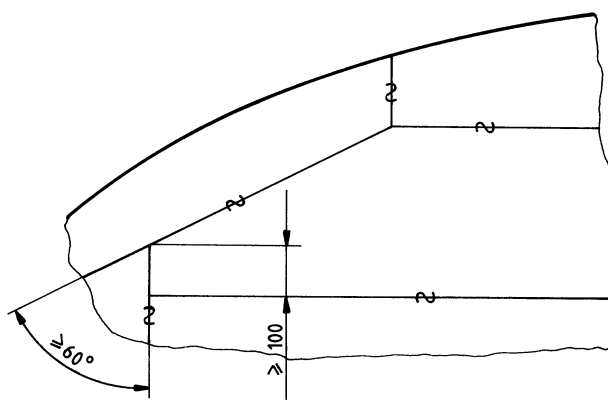


Rys. 3.2.4

### 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.

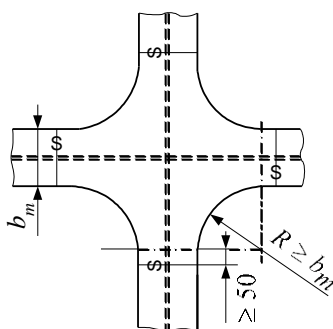


Rys. 3.3.1 Rozmieszczenie szwów spawanych

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 okrętu, a także innych wysokoobciążonych 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 właściwości wytrzymałościowe stali.

**3.4.2.2** Długość swobodnego odcinka poszycia między zakończeniem usztywnienia a 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 środnikach usztywnień i wiązarów powinny znajdować się w odległości nie mniejszej niż wysokość środnika od końca węzłówki mocującej usztywnienie lub wiązar.

**3.5.1.4** W środnikach 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 odstępnie od poszycia dna i pokładu nie mniejszym niż 20 mm. Wysokość otworów, zarówno dochodzących, jak też nie dochodzących do poszycia, powinna być nie większa niż 0,25 wysokości środnika 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** Każdy otwór w burcie, grodzi wzdłużnej lub wiązarze wzdłużnym, znajdujący się poniżej pokładu wytrzymałościowego, powinien być oddalony od tego pokładu i/lub zakończenia zaokrąglenia mocnicy burtowej o odległość nie mniejszą niż podwójna wysokość/szerokość tego otworu.

**3.5.1.7** Małe otwory nie powinny znajdować się w pobliżu innych otworów we wzdłużnych wiązaniach wytrzymałościowych. Nie wzmocnione 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 okrętu, o współrzędnych  $-0,3 L_0 < x < 0,3 L_0$ . 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:

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

$d$  – 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 od obliczonego wg wzoru:

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

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

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

### 3.6 Konstrukcja wiązarów teowych

#### 3.6.1 Wymagania ogólne

**3.6.1.1** Wymagania 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 oddzielnych środników i mocników) 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 przeciwskrętnych, wg wymagań podrozdziału 3.6.4. Może być również wymagane usztywnianie środnika za pomocą usztywnień równoległych lub prostopadłych do mocnika, wg 3.6.3, o ile w innych miejscach niniejszej części *Przepisów* nie postanowiono inaczej.

#### 3.6.2 Mocniki wiązarów

**3.6.2.1** Nie podparta szerokość mocnika wiązara,  $b$ , mierzona od środnika, nie powinna być większa niż szerokość obliczona wg wzoru:

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

$t_m$  – grubość mocnika, [mm];

$c = 1,0$  dla stali;

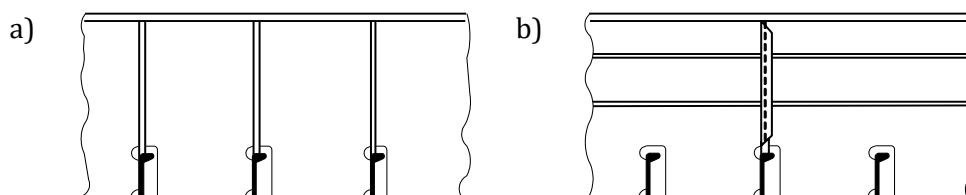
$c = 0,58$  dla stopów aluminium.

**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 wg wymagań 13.6.4.2. Jeżeli stosunek wysokości środnika wiązara,  $h$ , do jego grubości,  $t_s$ , jest większy od  $890 c / \sqrt{R_e}$  ( $c = 1,0$  dla stali;  $c = 0,58$  dla stopów aluminium), to środnik wiązara powinien być usztywniony, niezależnie od podparcia węzłówkami przeciwskrętnymi rozmieszczonymi wg 3.6.4.

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



Rys. 3.6.3.1

Sposoby usztywnienia środnika wiązara

**3.6.3.2** Usztywnienia środników 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 środników wiązarów może być wymagane obramowanie lub wzmocnienie otworów w środnikach w sposób podany w 13.4.3.10 lub 13.4.3.11.

### 3.6.4 Węzłówki przeciwskrętne

**3.6.4.1** Węzłówki przeciwskrętne 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 środnika), w linii rozpór wiązara oraz w pozostałej części rozpiętości wiązara.

**3.6.4.2** W każdym przypadku odstęp węzłówek przeciwskrętnych 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 przeciwskrętnych powinna być nie mniejsza niż grubość środnika wiązara spełniająca kryteria obowiązujące w niniejszych *Przepisach*.

**3.6.4.4** Węzłówki przeciwskrętne powinny być doprowadzone do mocnika wiązara i spawane do niego, jeżeli szerokość mocnika po jednej stronie środnika wiązara przekracza 150 mm. Jeżeli szerokość mocnika po przeciwnej stronie środnika także przekracza 150 mm, to w płaszczyźnie węzłówki przeciwskrętnej należy przy mocniku zamontować małą węzłóvkę.

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

**3.6.4.6** Jeżeli długość swobodnej krawędzi węzłówki przeciwskrętnej  $l_k$  przekracza  $60 t_{wp}c$  ( $t_{wp}$  – grubość węzłówki przeciwskrętnej, [mm];  $c = 1,0$  dla stali;  $c = 0,58$  dla stopów aluminium), to wzdłuż tej krawędzi należy zastosować mocnik lub zagięcie. Pole poprzecznego przekroju mocnika lub zagięcia powinno być nie mniejsze od pola obliczonego wg wzoru:

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

$l_k$  – długość swobodnej krawędzi, [mm].

### 3.7 Konstrukcje ze stopów aluminium

Konstrukcje ze stopów aluminium z zastosowaniem elementów wyciskanych mogą być zaakceptowane przez PRS na podstawie odrębnego rozpatrzenia.

## 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.

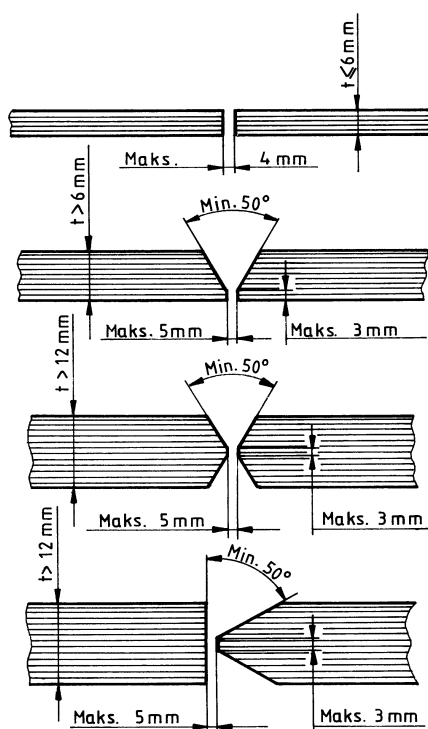
**4.1.2** Niezależnie od wymagań określonych w niniejszym rozdziale należy spełnić wymagania podane w *Części IX – Materiały i spawanie* dotyczące materiałów spawalniczych, metod spawania, kwalifikacji spawaczy, kontroli jakości spoin oraz zabezpieczenia przed wpływami atmosferycznymi w czasie wykonywania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



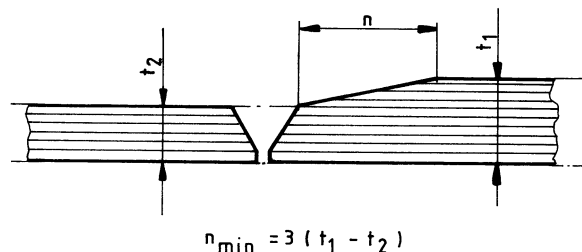
Rys. 4.2.1.1

Przygotowanie krawędzi do spawania ręcznego złączy doczołowych

**4.2.1.2** Przy łączeniu 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 obciążonych oraz jeżeli podpawanie jest niemożliwe.

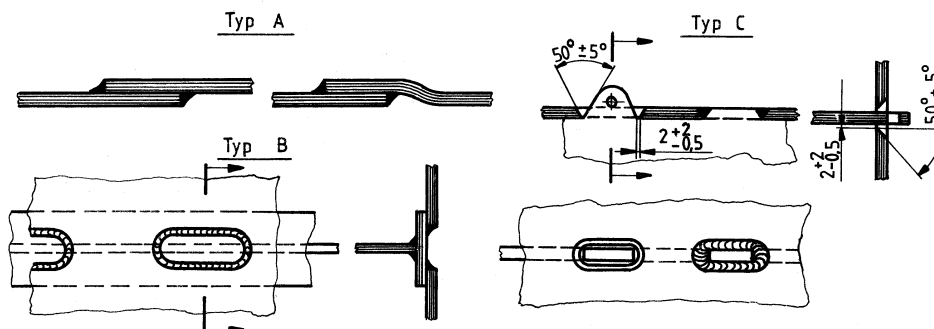


Rys. 4.2.1.2

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 obciążonych, 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 należy wykonywać spoiną ciągłą na obwodzie, przyjmując  $\alpha = 0,4$  – patrz 4.2.3.1. Szerokość zakładki w połączeniu powinna być nie mniejsza od obliczonej wg wzoru:

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

i w każdym przypadku 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 od określonej wg wzoru:

$$a = \alpha\beta s, \quad [\text{mm}] \quad (4.2.3.1)$$

$\alpha$  – współczynnik wytrzymałości spoiny według tabeli 4.2.3.1-1;

$\beta$  – współczynnik dobierany według tabeli 4.2.3.1-2;

$s$  – grubość cieńszego elementu dostawianego, [mm].

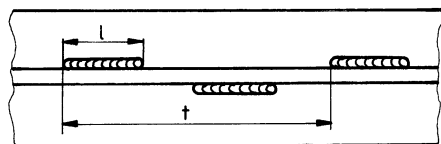
Grubość spoiny pachwinowej,  $a$ , powinna być także nie mniejsza niż:

2,5 mm dla  $s = 4$  mm,

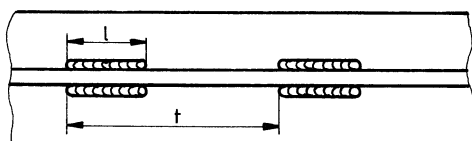
3,0 mm dla  $4 < s \leq 10$  mm,

3,5 mm dla  $10 < s \leq 15$  mm,

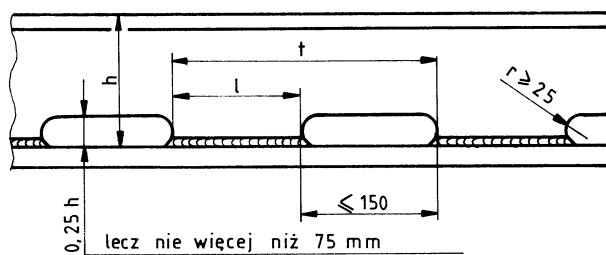
0,25 $s$  dla  $s > 15$  mm.



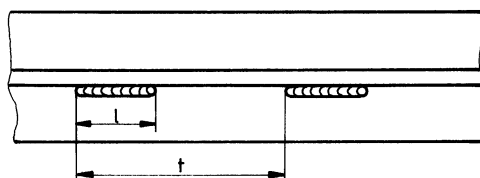
a) spoina przestawna



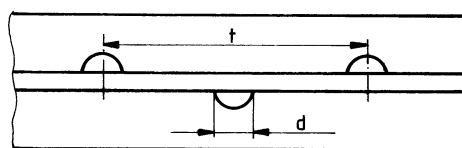
b) spoina symetryczna przerywana



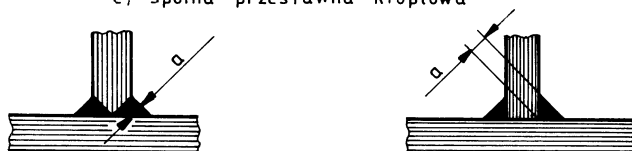
c) spoina z podkrojami



d) spoina jednostronna przerywana



e) spoina przestawna kropłowa



f) Określenie grubości  $a$  spoiny pachwinowej

Rys. 4.2.3.1  
Typy spoin pachwinowych

**Tabela 4.2.3.1-1**

Lp.	Określenie połączenia	$\alpha^{1)}$
<b>1.</b>	<b>Konstrukcja dna</b>	
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 $0,25 L_0$ od pionu dziobowego oraz w obrębie maszynowni	0,25
1.4	Denniki i denne wzdłużniki boczne między sobą oraz z poszyciem dna zewnętrznego i wewnętrznego – w pozostałych rejonach	0,20
<b>2</b>	<b>Zład burtowy</b>	
2.1	Wręgi (w tym ramowe) i wzdłużniki burtowe z poszyciem zewnętrznym w rejonie $0,25 L_0$ od pionu dziobowego, w zbiornikach, w maszynowni, w obrębie wzmocnień lodowych oraz w rejonie wzmocnień burtowych okrętów cumujących w morzu	0,17
2.2	Jak wyżej – w pozostałych rejonach, poza skrajnikiem rufowym	0,13
2.3	Jak wyżej – w skrajniku rufowym	0,25
2.4	Wzdłużniki burtowe z wręgami ramowymi	0,25
<b>3</b>	<b>Zład pokładu i pokład</b>	
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 <sup>2)</sup>
3.6	Mocnice innych pokładów i platform z poszyciem zewnętrznym	0,35 <sup>3)</sup>
3.7	Zrębnice luków z pokładem w narożach luków	0,45 <sup>2)</sup>
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 <sup>3)</sup>
3.10	Podpory z pokładami i dnem wewnętrznym, węzłówki podpór z podporami, pokładami, dnem wewnętrznym i innymi wiązaniami	0,35
<b>4.</b>	<b>Grodzie, przegrody</b>	
4.1	Grodzie ograniczające zbiorniki do przewozu zapasów ciekłych lub balastu – wzdłuż obwodu	0,35 <sup>3)</sup>
4.2	Usztywnienia grodzi z poszyciem – poza skrajnikami	0,15
4.3	Jak wyżej – w skrajnikach	0,25
4.4	Ramy pionowe i poziome z poszyciem – poza skrajnikami	0,17
4.5	Jak wyżej – w skrajnikach	0,30 <sup>3)</sup>
4.6	Grodzie poprzeczne z grodziami wzdłużnymi	0,35 <sup>3)</sup>
<b>5</b>	<b>Fundamenty głównych mechanizmów i kotłów oraz uzbrojenia</b>	
5.1	Środniki usztywnień fundamentów z poszyciem zewnętrznym, dnem podwójnym i pokładem	0,35 <sup>2)</sup>
5.2	Główne płyty nośne (mocniki) ze środnikiem	0,45 <sup>2)</sup>
5.3	Węzłówki fundamentów ze środnikami usztywnień, z poszyciem zewnętrznym, z dnem wewnętrznym i z pokładem	0,35 <sup>2)</sup>
5.4	Węzłówki z ich mocnikami	0,25
<b>6</b>	<b>Inne połączenia</b>	
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	$\beta$
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 obciążonych 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 i uzbrojenia (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.

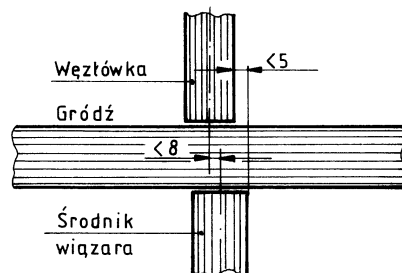
**4.2.3.3** W takich połączeniach, jak:

- połączenie grodzi poprzecznej z dnem podwójnym,
- wiązania dna podwójnego pod grodzią,
- połączenie wiązań (w celu uzyskania ich ciągłości) ze środnikami konstrukcji, na której są przerwane,

należy zwiększyć grubość spoiny pachwinowej obustronnie ciągłej do wartości 0,6 grubości elementu dostawianego lub zastosować spoinę z pełnym przetopem.

**4.2.3.4** Grubość spoiny i przekrój połączeń spawanych silnie obciążonych 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 i nie powinno wynosić więcej niż 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  $0,25 L_0$  od pionu dziobowego – do spawania elementów zładu z poszyciem dna;
- w obrębie pasa lodowego okrętów ze wzmocnieniami lodowymi **L1A**, **L1** i **L2** (patrz p. C/11.1.2.2);
- do spawania zładu burtowego z poszyciem zewnętrznym;
- w rejonie podpór i na końcach elementów;
- w konstrukcjach fundamentowych i podporowych dla urządzeń maszynowych i uzbrojenia;
- 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 obciążonych – w przestrzeniach suchych i zbiornikach paliwowych.

**4.2.3.8** W zbiornikach balastowych 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 obciążonych.

**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 (wynoszący  $t - l$  dla spoin symetrycznych i podkrojowych, a  $0.5t - l$  dla spoin przestawnych) 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, [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 taką 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 – co najmniej na odległość równą połowie wysokości kształtownika.

**4.2.3.12** Przystawne spoiny kropłowe oraz jednostronne spoiny przerywane można stosować w połączeniach drugiej i wyższych kondygnacji nadbudówek oraz pokładowek, a także w połączeniach 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.

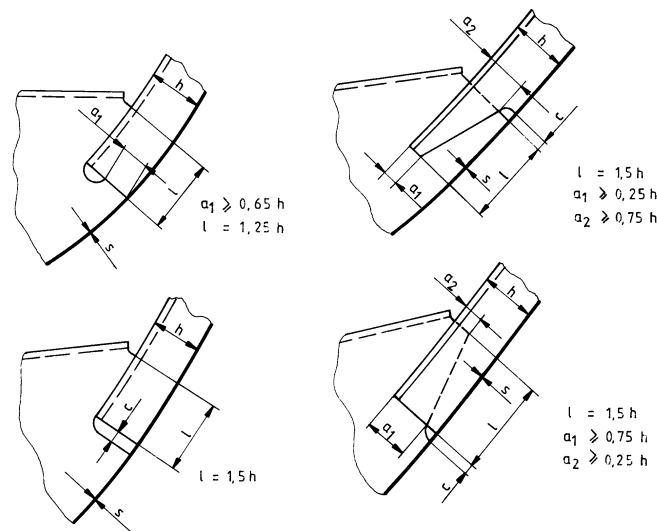
**4.3.2** Węzłówki powinny być w zasadzie wykonane z materiału o takiej samej granicy plastyczności jak łączone z nimi elementy zładu.

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 3 grubości średnika 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  $45^\circ$ .

**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:

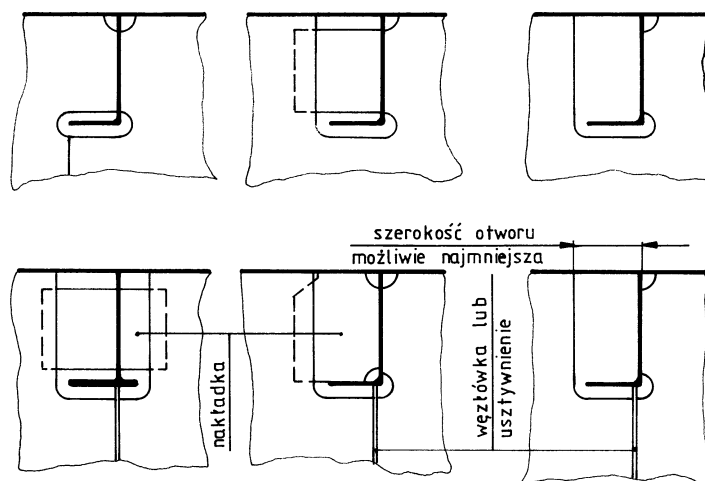
- dla mocnika – o szerokości równej jego trzem grubościom,
- dla środnika – 10 ÷ 15 mm.

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

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

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

Grubość nakładki powinna być nie mniejsza niż 75% grubości środnika wiązara.



Rys. 4.3.7 Połączenia usztywnienia ze środnikiem wiązara

#### **4.3.8 Połączenia konstrukcji z różnych materiałów**

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

Połączenia takie oraz materiały izolacyjne dla złącz śrubowych i nitowanych (przekładki, tuleje, taśmy, sznury, itp. elementy) podlegają odrębnemu rozpatrzeniu przez PRS. Należy zapewnić wytrzymałość połączenia nie mniejszą od wytrzymałości połączenia śrubowego oraz skuteczną ochronę przed korozją.

#### **4.4 Połączenia nitowane elementów z aluminium**

**4.4.1** Połączenia nitowane w zasadzie mogą być stosowane w konstrukcjach nieprzenoszących dużych naprężeń od zginania ogólnego lub skręcania kadłuba okrętu. W przypadku odstępstwa od tej zasady zadowalająca wytrzymałość tego typu połączeń powinna być potwierdzona przez badania eksperymentalne lub informacje o bezawaryjnej eksploatacji podobnych konstrukcji.

**4.4.2** Konstrukcja połączeń nitowanych będzie rozpatrywana przez PRS odrębnie. Należy przedłożyć PRS rysunki pokazujące konstrukcję połączenia (wymiary i rozmieszczenie otworów na nity, wymiary nitów), podać parametry wytrzymałościowe i metalurgiczne materiału nitów oraz opis procesu nitowania.

**4.4.3** PRS może wymagać wykonania badań wytrzymałościowych proponowanych połączeń nitowanych, z zastosowaniem próbek odpowiadających fragmentom takiej konstrukcji.

---



## 5 ZASADY WYMIAROWANIA WIĄZAŃ

### 5.1 Zasady ogólne

#### 5.1.1 Zakres wymagań

##### 5.1.1.1 Wymagania niniejszych *Przepisów* dotyczą:

- wytrzymałości doraźnej konstrukcji kadłuba ocenianej na podstawie obliczeń w zakresie liniowo-sprężystym, wg zasad określonych w niniejszym rozdziale;
- nośności granicznej dotyczącej grodzi wodoszczelnych kadłuba (rozdział 13) i wytrzymałości ogólnej kadłuba nieuszkodzonego (rozdział 15) i uszkodzonego (rozdział C/6);
- stateczności elementów konstrukcji (rozdział 13);
- wytrzymałości zmęczeniowej (rozdział 16);
- sztywności konstrukcji (rozdziały 13 i 15).

##### 5.1.1.2 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 (dotyczące 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 okrętu, dla której wymagania zawarte są w rozdziale 15.

#### 5.1.2 Wytrzymałość miejscowa

Wymagania w zakresie wytrzymałości miejscowej, zwanej często lokalną, 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 ograniczonym grodziami jednego lub kilku przedziałów kadłuba, 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*.



#### 5.1.4 Wytrzymałość ogólna

Wymagania w zakresie wytrzymałości ogólnej okrętu dotyczą poziomu naprężeń normalnych i stycznych przy zginaniu kadłuba w płaszczyźnie pionowej. Dla okrętów 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 obliczeniowych obciążeń konstrukcji kadłuba, zawartych w niniejszej części *Przepisów*, zostało uwzględnione statyczne i dynamiczne oddziaływanie środowiska morskiego oraz zapasów i znacznych mas skupionego ładunku (np. przewożonych pojazdów) i wyposażenia okrętu. W określonych przypadkach zostały również uwzględnione obciążenia udarowe pochodzące od oddziaływania fal na kadłub.

**5.2.2.2** Statyczne obciążenia obliczeniowe określane są dla zadanego położenia elementów wyposażenia okrętu oraz typowych stanów załadowania zapasami i ładunkiem (np. transportowanymi pojazdami), przedstawionych przez projektanta.

**5.2.2.3** Wymagania dotyczące dynamicznych obciążeń obliczeniowych od falowania wody morskiej zostały określone w oparciu o długoterminową prognozę ruchów okrętu w czasie jego eksploatacji. Przyjęto, że okres eksploatacji okrętu odpowiada  $10^8$  spotkań okrętu z falą (cykli obciążenia) na Północnym Atlantyku. Dla okrętów z ograniczonym rejonem żeglugi przewidziano mniejsze wartości obciążeń dynamicznych, niż określone wyżej. Sposób określania tych obciążeń podano w rozdziałach 15 i 17. Jako równoważne mogą być uznane obciążenia obliczeniowe określone według uznanych teorii, badań modelowych lub pomiarów na okrętach rzeczywistych.

**5.2.2.4** W ocenie wytrzymałości ogólnej kadłuba okrętu (rozdział 15) stosowane są obciążenia dynamiczne od falowania wody morskiej o wartościach przekraczanych w ciągu całego okresu eksploatacji okrętu z prawdopodobieństwem zbliżonym do  $10^{-8}$ .

W innych zastosowaniach (wytrzymałość lokalna wg rozdziału 13, wytrzymałość strefowa wg rozdziału 14 i wytrzymałość kadłuba uszkodzonego wg rozdziału C/6) wartości obciążeń dynamicznych są odpowiednio zmniejszone, tzn. są to wartości przekraczane z prawdopodobieństwem większym niż  $10^{-8}$ .

#### 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 wiązarów zwykłych) zostały sformułowane w oparciu o teorię sprężystości i plastyczności, z uwzględnieniem założonych warunków brzegowych i odpowiedniego poziomu naprężeń dopuszczalnych.

W przypadku wytrzymałości ogólnej kadłuba nieuszkodzonego i uszkodzonego stosowane są kryteria nośności granicznej konstrukcji z zastosowaniem cząstkowych współczynników bezpieczeństwa (p. 15.15 i C/6.3).

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

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

$k_a$  – 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;

$k_r$  – współczynnik uwzględniający zakrzywienie poszycia;

$k_r = 1$  – w przypadku płyt płaskich,

$$k_r = 1 - \frac{s}{2r}$$

$r$  – promień krzywizny poszycia [m], w obliczeniach przyjmować  $r \geq 2s$ ;

$s$  – 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];

$\sigma$  – naprężenia dopuszczalne, [MPa].

Zastosowana wartość  $t$  nie powinna być mniejsza niż 3,0 mm.

**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:

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

$q = pb$ ;

$p$  – patrz 5.2.3.2;

$b$  – szerokość pasa poszycia podpieranego przez rozpatrywane usztywnienie, [m];

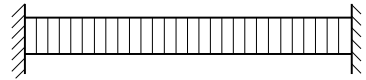
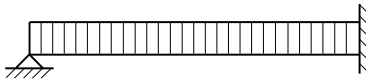
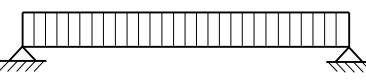
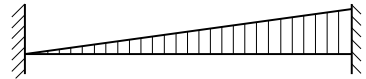
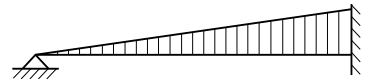
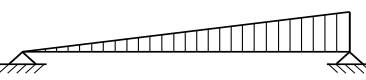
$l$  – rozpiętość usztywnienia, [m];

$\sigma$  – naprężenia dopuszczalne przy zginaniu, [MPa];

$m$  – współczynnik momentu gnącego uwzględniający sposób zamocowania końców usztywnienia i warunki obciążenia. Wartości współczynnika  $m$  podano oddzielnie dla poszczególnych grup wiązań w rozdziale 13. 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	2	3	$m_1$	$m_2$	$m_3$
podpora	ekstremum między podporami	podpora	$k_{t1}$	–	$k_{t2}$
			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 przenoszącego obciążenia poprzeczne są podane jako funkcje warunków zamocowania końców tego usztywnienia oraz dopuszczalnego naprężenia przy ścinaniu.

Wartość pola poprzecznego przekroju usztywnienia określa się wg wzoru:

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

$\tau$  – 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 jako belkę 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 analizy strefowej wytrzymałości konstrukcji metodą elementów skończonych, wg wymagań rozdziału 14.

**5.2.3.7** Wymagania dotyczące odzewu konstrukcji na obciążenia wywołane zginaniem ogólnym kadłuba zostały określone w oparciu o liniową teorię zginania belki prostej (rozdział 15) lub obliczenia MES (p. 14.6).

**5.2.3.8** Należy przedsięwziąć odpowiednie środki dla uniknięcia nadmiernych drgań konstrukcji. Wymagania dotyczące zapobieganiu drganiom podano w rozdziale C/12. Użyteczne wskazówki podano także w *Publikacji 2/I – Zapobieganie drganiom na statkach*.

## 6 DNO

### 6.1 Zasady ogólne

#### 6.1.1 Zastosowanie

Wymagania niniejszego rozdziału dotyczą konstrukcji dna podwójnego i pojedynczego.

Podrozdziały 6.2 i 6.3 dotyczą dna podwójnego a podrozdziały 6.6 i 6.7 dotyczą obu typów dna.

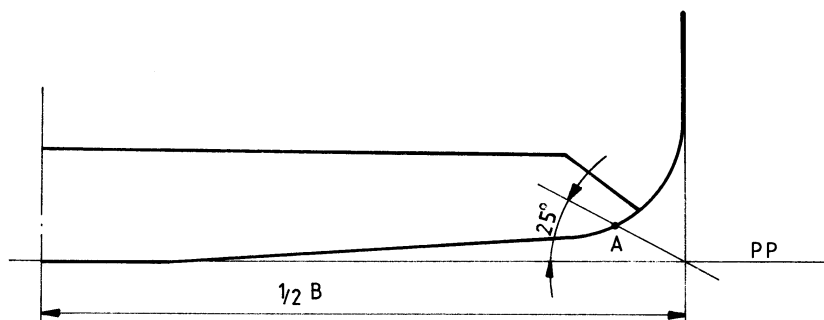
#### 6.1.2 Zakres stosowania dna podwójnego

**6.1.2.1** Zalecane jest zastosowanie dna podwójnego na okrętach, gdzie możliwa do uzyskania jest wysokość dna podwójnego nie mniejsza niż 600 mm.

**6.1.2.2** Jeżeli to możliwe, to dno podwójne powinno być stosowane w przedziale od grodzi zderzeniowej do grodzi skrajnika rufowego.

**6.1.2.3** Należy zapewnić w możliwie jak największym zakresie przykrycie obła dnem wewnętrznym, zwłaszcza w dziobowej części okrętu.

**6.1.2.4** Na okrętach, które otrzymują znak techniczny niezatapialności, przykrycie uważa się za dostateczne, jeżeli linia przecięcia się krawężnicy z poszyciem kadłuba w żadnym punkcie nie schodzi poniżej płaszczyzny prostopadłej do PS, równoległej do linii stępki, przechodzącej przez punkt A, wyznaczony w sposób przedstawiony na rys. 6.1.2.4.



Rys. 6.1.2.4 Przykrycie obła krawężnicą

### 6.2 Konstrukcja dna podwójnego

#### 6.2.1 Wymagania ogólne

Jeżeli ramy fundamentowe silników głównych, łożysk oporowych i 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.

W miarę możliwości nie należy stosować pilersów ustawionych na dnie wewnętrznym a właściwe podparcie konstrukcji położonych wyżej zapewniać, jeżeli jest ono konieczne, poprzez zastosowanie grodzi podporowych i przegród.

#### 6.2.2 Układ wiązań

**6.2.2.1** Na okrętach o długości  $L_0 > 100$  m dno w zasadzie powinno być usztywnione wzdłużnie. Na mniejszych okrętach dopuszczalne jest zastosowanie poprzecznego systemu wiązań.

**6.2.2.2** Przy wzdłużnym układzie wiązań dna zalecane jest, aby w rejonie  $-0,25 L_0 \leq x \leq 0,25 L_0$  wręgi wzdłużne przechodziły przez denniki w sposób ciągły.

Na okrętach o długości  $40 \text{ m} \leq L_0 \leq 100 \text{ m}$ , gdzie zastosowano wzdłużny układ dna, denne wręgi wzdłużne w rejonie  $-0,25 L_0 \leq x \leq 0,25 L_0$  mogą być przerywane na dennikach, ale należy zamontować węzłówki przechodzące przez szczelinowe wycięcia w dennikach lub grodziach i łączące poszczególne odcinki wręgów wzdłużnych, lub w inny sposób zapewnić ciągłość konstrukcji.

Poza rejonem  $-0,25 L_0 \leq x \leq 0,25 L_0$  na okrętach o długości  $L_0 \geq 40 \text{ m}$  i na całej długości okrętów o długości  $L_0 < 40 \text{ m}$  denne 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.

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

**6.2.4.2** Zamiast dennego wzdłużnika środkowego można zastosować środkowy wzdłużnik tunelowy, złożony z dwóch wzdłużników umieszczonych po obu stronach płaszczyzny symetrii okrętu. Odległość między wzdłużnikami nie powinna przekraczać wartości obliczonej wg wzoru:

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

PRS może wyrazić zgodę na zwiększenie tej odległości. Na poszyciu dna zewnętrznego i wewnętrznego, pomiędzy tymi wzdłużnikami, w płaszczyźnie każdego wręgu (i w odstępnie nie większym niż 0,8 m) należy stosować płyty wspornikowe lub poprzeczne usztywnienia z węzłówkami.

**6.2.4.3** Jeżeli wzdłużnik tunelowy wykonany jest tylko w części długości okrętu, 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 i być zakończone węzłówkami z mocnikami. Jeżeli przejście to znajduje się w rejonie o współrzędnych  $-0,3 L_0 \leq x \leq 0,3 L_0$ , 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 boczne powinny sięgać tak daleko w kierunku dziobu i rufy jak tylko jest to możliwe. Powinny one kończyć się na dennikach lub grodziach. Po przeciwnej stronie tych denników lub grodzi należy zastosować węzłówki będące przedłużeniem wzdłużników na długości nie mniejszej niż odstęp wręgowy.

**6.2.5.3** Wzdłużniki w siłowni powinny być rozmieszczone zgodnie z usytuowaniem fundamentów silników i innych urządzeń o znacznym ciężarze.

## 6.2.6 Rozmieszczenie denników w dnie podwójnym

**6.2.6.1** W dnie podwójnym o poprzecznym układzie wiązań denniki pełne poza rejonami zbiorników głębokich i maszynowni powinny być rozmieszczone w odstępach nie większych niż:

- sześć odstępów wręgowych dla  $T \leq 2$  m;
- pięć odstępów wręgowych dla  $2 \text{ m} < T \leq 5$  m;
- cztery odstępy wręgowe dla  $T > 5$  m.

**6.2.6.2** W dnie podwójnym o wzdłużnym układzie wiązań odstęp denników pełnych powinien być nie większy niż 3,0 m, a w rejonie zbiorników głębokich nie większy niż 2,5 m.

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

**6.2.6.4** W rejonie maszynowni, 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 w odstępach dwa razy mniejszych niż określono wyżej.

## 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.

**6.2.7.2** Na swobodnej krawędzi płyty wspornikowej należy zastosować mocnik lub zagięcie.

**6.2.7.3** 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.

**6.2.7.4** 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 poniżej.

**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 maszynowni 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 od połowy szerokości większego z tych otworów.

**6.2.8.6** W rejonie o współrzędnych  $x > 0,25 L_0$  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.

**6.2.8.7.1** 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.

**6.2.8.7.2** 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 grodzia 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.

## **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 trzem odstępom wręgowym, w mocniki dennego wzdłużnika środkowego i dennych wzdłużników bocznych dna pojedynczego. Szerokość tych mocników przy zakończeniu dna podwójnego powinna być nie mniejsza od połowy odległości pomiędzy sąsiadującymi wzdłużnikami.

Krawężnice należy przedłużyć poza dno podwójne, w formie węzłówki o długości nie mniejszej od trzech odstępów wręgowych, 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, obydwa 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 przewidziane przedłużenie poszycia dna wewnętrznego usytuowanego niżej na odległość co najmniej trzech odstępów wręgowych na okrętach o  $L_0 \geq 90$  m i dwóch odstępów wręgowych gdy  $L_0 < 90$  m.

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

**6.2.10.4** 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 w dnie podwójnym**

Studzienki ściekowe powinny mieć w zasadzie głębokość nie większą niż wysokość dna podwójnego w tym miejscu, pomniejszoną o 460 mm. Studzienki na okrętach, które otrzymują znak techniczny niezatapialności, nie powinny sięgać poniżej poziomej płaszczyzny określonej w 6.1.2.4. Studzienka dochodząca do poszycia dna zewnętrznego może być wykonana tylko w rufowej części tunelu wału śrubowego.

## **6.3 Wymiarowanie wiązań dna podwójnego**

### **6.3.1 Wysokość dna podwójnego**

**6.3.1.1** Wysokość dna powinna być wystarczająca, aby zapewnić swobodny dostęp do wszystkich części dna.

Zalecane jest aby była ona nie mniejsza niż 650 mm.

**6.3.1.2** Wysokość dennego wzdłużnika środkowego i przyłączonych do niego denników pełnych nie powinna być mniejsza od obliczonej wg wzoru:

$$h_d = 250 + 20B + 50T, [\text{mm}] \quad (6.3.1.2)$$

Dla okrętów o dużym podobieniu może być wymagane zwiększenie wartości  $h_d$ .

**6.3.1.3** W sytuacjach, gdy nie są spełnione wymagania 6.3.1.1 i 6.3.1.2 dotyczące wysokości dna, jego wytrzymałość powinna być zweryfikowana wg wymagań rozdziału 14.

**6.3.1.4** Zalecane jest aby w maszynowni, w rejonie ustawienia spalinowego tłokowego silnika głównego i przekładni wysokość dna była 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 według wzoru:

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

**6.3.2.5** Grubość obłowego pasa poszycia powinna być nie mniejsza niż grubość sąsiadujących płyt poszycia dna i burty okrętu.



**6.3.2.6** Jeżeli zgodnie z wymaganiami 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 okrętu szerokość nie mniejszą niż szerokość obliczona wg wzoru:

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

**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 okrętu, przy czym:

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

Grubość krawężnicy w maszynowni 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 okrętu.

### 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, uwzględniając obciążenia udarowe (sleming).

**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** Pomiędzy ściankami wzdłużnika tunelowego, na poszyciu dna zewnętrznego i wewnętrznego należy zastosować w płaszczyźnie każdego wręgu 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).

### 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:

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

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

$t_k$  – naddatek korozyjny – patrz 2.5.

Wymiary środków 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 również spełniać 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** Przy poprzecznym układzie wiązań, wzdłużniki powinny być usztywnione na każdym wręgu (patrz także 6.2.7).

Wzdłużniki powinny odpowiadać wymaganiom stateczności zawartym 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 nie wchodzące w skład denników otwartych, a przewidziane zgodnie z wymaganiami 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 miarę możliwości należy unikać stosowania pilersów ustawionych na dnie, a właściwe podparcie konstrukcji położonych wyżej zapewniać, o ile jest ono konieczne, poprzez zastosowanie grodzi podporowych i przegród.

## 6.4.2 Układ wiązań

**6.4.2.1** Zaleca się aby dno pojedyncze kadłubów okrętów o długości  $L_0 > 65$  m było usztywnione wzdłużnie.

**6.4.2.2** Przy wzdłużnym układzie wiązań dna pojedynczego denne wręgi wzdłużne powinny spełniać następujące wymagania dotyczące ciągłości:

- na okrętach o długości  $L_0 \geq 40$  m wręgi wzdłużne w rejonie  $-0,25L_0 \leq x \leq 0,25L_0$  powinny w sposób ciągły przechodzić przez denniki, grodzie poprzeczne lub przegrody;
- na całej długości dna w przypadku okrętów o długości  $m L_0 < 40$  m i poza rejonem  $-0,25L_0 \leq x \leq 0,25L_0$  w przypadku okrętów o długości  $L_0 \geq 40$  m denne wręgi wzdłużne mogą być przerywane w płaszczyznach denników i spawane do nich.

## 6.4.3 Rozmieszczenie wzdłużników dna

**6.4.3.1** W płaszczyźnie symetrii okrętu 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 siłowni powinny być rozmieszczone zgodnie z usytuowaniem fundamentów silników i głównych urządzeń.

## 6.4.4 Rozmieszczenie denników

**6.4.4.1** W rejonie maszynowni 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 okrętu.

**6.4.4.3** W dnie o wzdłużnym układzie wiązań rozmieszczenie denników pełnych w rejonach poza maszynownią 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:

- a) w przypadku burt pojedynczych – jako odległość między burtami lub jako odległość między burtą a grodzią wzdłużną, na poziomie górnej krawędzi dennika,
- b) 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 okrętu 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 okrętach 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:

$$W = KaTB_1^2, \quad [\text{cm}^3] \quad (6.5.3.4)$$

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

$a$  – odstęp denników, [m];

$T$  – zanurzenie maksymalne okrętu 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 okrętu powinna być nie mniejsza niż grubość określona wg wzoru:

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

Grubość płyt dennego wzdłużnika środkowego na długości  $0,1 L_0$  od pionów może być o 1 mm mniejsza od grubości wymaganej dla środkowej części okrętu.

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

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

Grubość płyt dennych wzdłużników bocznych na długości  $0,1 L_0$  od pionów może być o 1 mm mniejsza od grubości wymaganej dla środkowej części okrętu, 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:

- w rejonie maszynowni  $A = 5,0T$ , [cm<sup>2</sup>] (6.5.4.2-1)
- poza maszynownią  $A = 3,5T$ , [cm<sup>2</sup>] (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 maszynowni, w skrajniku rufowym, a na okrętach o długości  $L_0 > 30$  m również w rejonie  $0,25 L_0$  od pionu dziobowego.

**6.5.4.4** Wymiary usztywnień środków 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:

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

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

## 6.6 Wymagania wspólne dla okrętów 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 nie przekraczających 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

**6.6.3.1** Stępkę przechyłową wykonaną z płaskownika lub płaskownika łebkowego należy łączyć z poszyciem, stosując element pośredni (płaskownik) na całej jej długości (rys. 6.6.3.1).

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 (rys. 6.6.3.1).

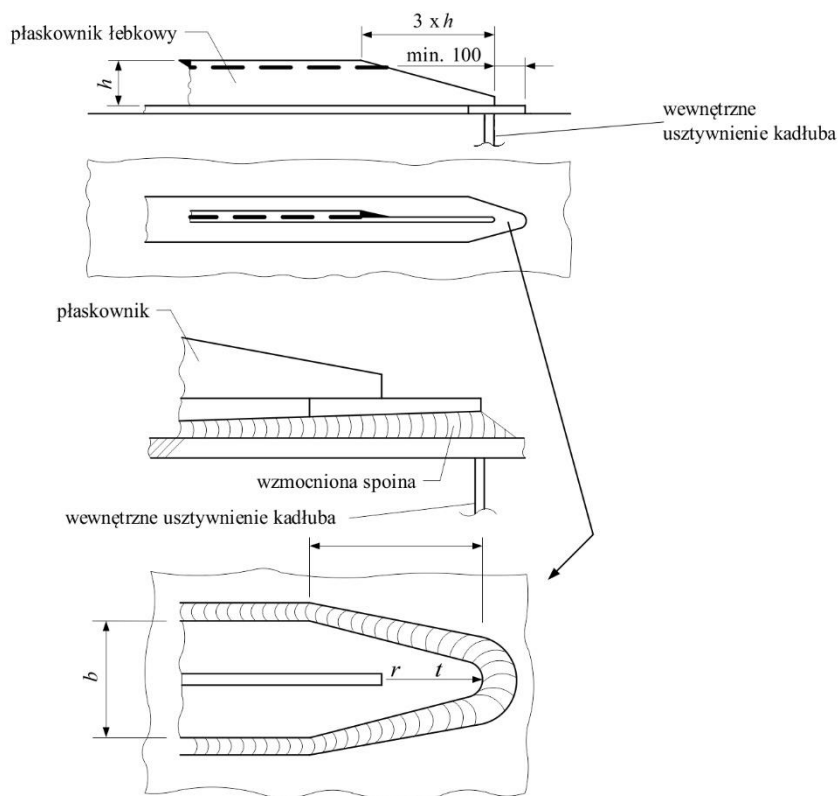
**6.6.3.2** Zalecaną konstrukcję stępki przechyłowej o budowie skrzynkowej i jej zakończenia pokazano na rys. 6.6.3.2.

Stępka przechyłowa powinna być spawana do płyty wstawkowej w poszyciu kadłuba, o zwiększonej grubości (rys. 6.6.3.2).

Płyty wzdłużne stępki powinny być spawane ze sobą na pełny przetop. Spoiny poprzeczne tych płyt powinny być usytuowane w płaszczyznach poprzecznych usztywnień lub wiązarów kadłuba.

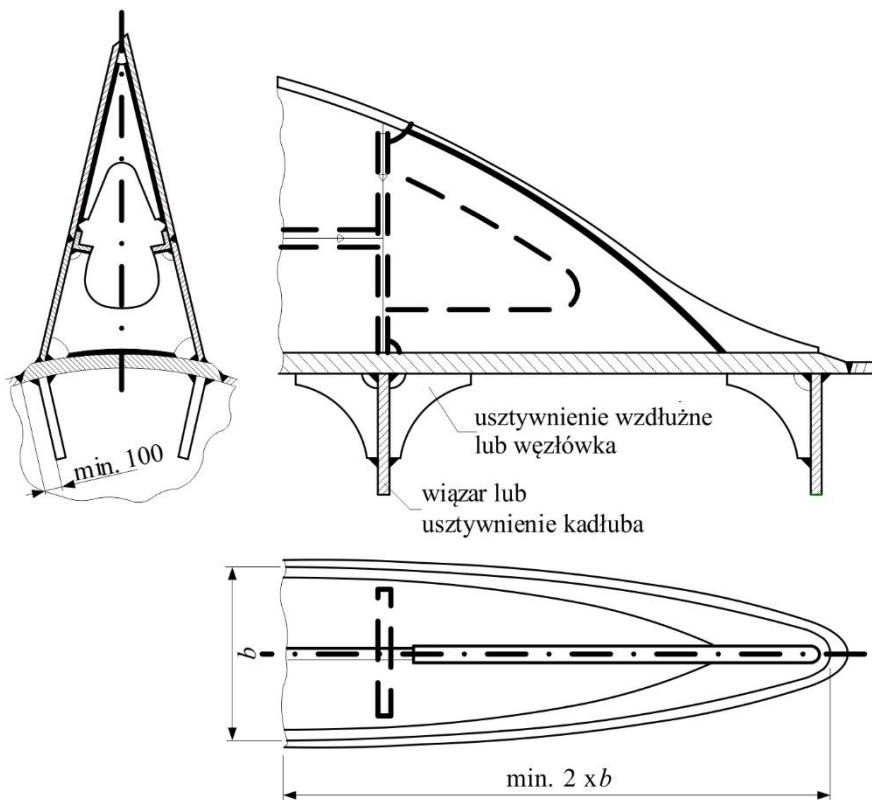
Dopuszczalne jest spawanie na podkładkach (rys. 6.6.3.2).

Obciążenia obliczeniowe dla stępek przechyłowych określono w p. 17.6.9.



Rys. 6.6.3.1

Zalecana konstrukcja zakończenia stępki przechyłowej



Rys. 6.6.3.2

Zalecana konstrukcja stępki przechyłowej o budowie skrzynkowej



## 6.7 Wzmocnienia w części dziobowej

### 6.7.1 Wymagania ogólne

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

### 6.7.2 Grubość poszycia dna

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

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

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

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

$r$  – promień krzywizny płyty poszycia, [m];

$p_u$  – ciśnienie udarowe, określane według 6.7.5, [kPa];

$T_{bd}$  – jak w 6.7.5, [m];

$s$  – odstęp usztywnień mierzony wzdłuż poszycia, [m];

$l$  – rozpiętość usztywnienia lub wiazara, [m];

$t_k$  – naddatek korozyjny – patrz 2.5, [mm].

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

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

**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:

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

$p_u$  – 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:

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

$p_u$  – 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:

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

$A_{pm}$  – pole powierzchni połączenia mocnika, [cm<sup>2</sup>];

$A_{ps}$  – pole powierzchni połączenia środnika, [cm<sup>2</sup>];

$A_s$  – patrz 6.7.3.2.

**6.7.4.2** W dnie podwójnym, poniżej wodnicy przechodzącej w odległości  $0,05 T_{bd}$  od stępki, odstęp usztywnień na środnikach wiązarów lub grodziach w rejonie przy poszyciu dna zewnętrznego powinien być nie większy niż odstęp obliczony wg wzoru:

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

$t$  – grubość płyty środnika lub poszycia grodzi, [mm].

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

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

$p_u$  – ciśnienie udarowe, obliczone według 6.7.5, w środku rozważanego układu wiązarów, [kPa];  
 $l_w, b_w$  – długość i szerokość obciążonej powierzchni podpartej przez wiązar lub układ wiązarów, [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 od pracy na fali

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

– dla okrętów o długości  $L_0 < 100$  m:

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

– dla okrętów o długości  $L_0 \geq 100$  m:

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

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

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

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

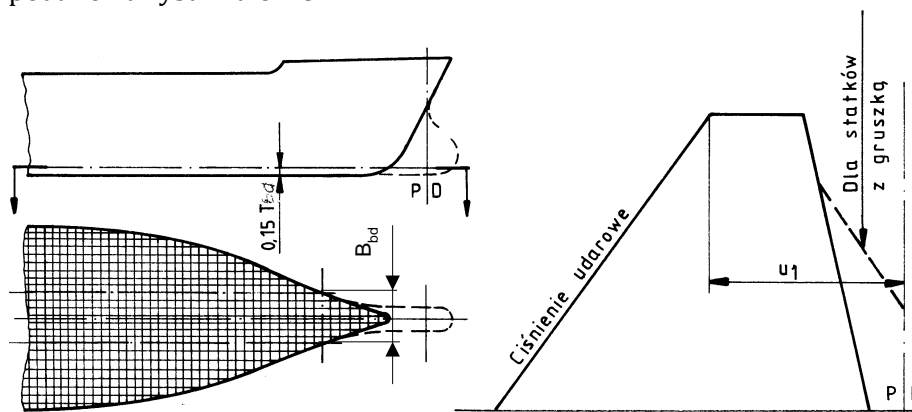
$T_{bd}$  – mierzone na PD zanurzenie okrętu stosowane w ciężkich warunkach pogodowych, [m];



- $B_{bd}$  – szerokość dna na wodnicy  $z = 0,15 T_{bd}$  w rozpatrywanym przekroju, [m]; przyjęta do obliczeń wartość  $B_{bd}$  nie powinna przekraczać mniejszej z dwu wartości:  $1,35 T_{bd}$  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 według wzoru:

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

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



Rys. 6.7.5

Rozkład ciśnień uderowych 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 uderowe 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 A/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:

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

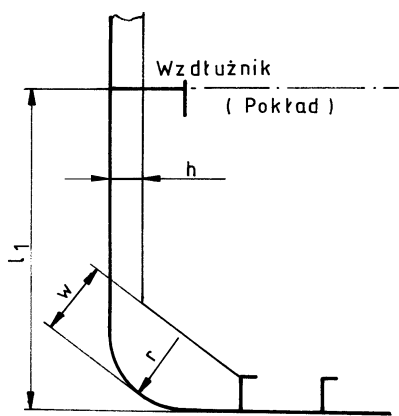
$l_1$  – pionowa odległość pomiędzy dnem a najniższym pokładem lub wzdłużnikiem burtowym stanowiącym podparcie wręgów, [m];

$r$  – promień obła, [m];

$w$  – największa wysokość węzłówki obłowej mierzona prostopadle 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

## 7.2 Konstrukcja

### 7.2.1 Układ wiązań

W przypadku okrętów, gdzie maksymalne ciśnienie udarowe na dno wg 6.7.5 lub ciśnienie udarowe na burty wg 7.4.5 przewyższa wartość  $10 T$ , [kPa], lub wymagane jest zwiększenie współczynnika  $k_{wm}$  (patrz 15.5.2.1) wg 15.2.2.2 zaleca się stosowanie wzdłużnych usztywnień poszycia burt przy dnie i pokładzie wytrzymałościowym.

Należy zachować ciągłość wzdłużnych wręgów burtowych w taki sam sposób i w tych samych rejonach po długości okrętu jak dla usztywnień wzdłużnych dna (patrz 6.2.2.2).

### 7.2.2 Wiązary burt

**7.2.2.1** W obrębie skrajnika rufowego, maszynowni i kotłowni wiązania burt należy wzmocnić wręgami ramowymi, rozmieszczonymi nie rzadziej niż co 5 odstępów wręgowych.

**7.2.2.2** Dla zapewnienia odpowiedniej sztywności poprzecznej kadłuba należy stosować między pokładami grodzie poprzeczne lub wręgi ramowe burtowe połączone z pokładnikami ramowymi i dennikami pełnymi znajdującymi się w tej samej płaszczyźnie.

**7.2.2.3** W obrębie skrajnika dziobowego, poniżej pokładu znajdującego się nad wodnicą konstrukcyjną, 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. Każdy otwór w burcie, znajdujący się poniżej pokładu wytrzymałościowego, powinien być oddalony od tego pokładu i/lub zakończenia zaokrąglenia mocnicy burtowej o odległość nie mniejszą niż podwójna wysokość tego otworu. Należy ponadto spełnić wymagania określone w podrozdziale 3.5

## 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 okrętach o długości  $L_0 \geq 100$  m, w rejonie określonym niżej, grubość poszycia burt powinna być również nie mniejsza niż grubość obliczona wg wzoru:

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

$s$  – odstęp wręgów podpierających poszycie, [m];

$D$  – wyporność okrętu przy zanurzeniu równym  $T$ , [t].

Powyższe wymaganie dotyczy rejonu, który po długości okrętu rozciąga się między przekrojami poprzecznymi przeprowadzonymi w miejscach, w których wodnica odpowiadająca maksymalnej wyporności okrętu osiąga szerokość równą: na rufie  $0,9B$ , a 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 okrętu należy dodatkowo sprawdzić na działanie obciążeń udarowych według 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  $-0,25 L_0 \leq x \leq 0,25 L_0$  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  $x \leq -0,4 L_0$  i  $x \geq 0,4 L_0$  mocnica burtowa może mieć grubość równą grubości poszycia burt w tym rejonie. Między częścią środkową okrętu ( $-0,25 L_0 \leq x \leq 0,25 L_0$ ) a częściami skrajnymi ( $x \leq -0,4 L_0$  i  $x \geq 0,4 L_0$ ) grubość mocnicy burtowej powinna zmieniać się w sposób płynny (bez uskoków).

**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  $-0,25 L_0 \leq x \leq 0,25 L_0$  i pokład nadbudówki stanowi część pokładu wytrzymałościowego, to po obu stronach tej ściany, na odcinkach o długości przynajmniej 3m, należy zwiększyć grubość mocnicy burtowej o 30%.

### 7.3.3 Usztywnienia

**7.3.3.1** Wymiary poprzecznych wręgów burtowych w zbiornikach głębokich, międzypokładziach, maszynowni i skrajnikach należy określać zgodnie z 13.5.

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

**7.3.3.2** Przy określaniu według 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 zapasów i balastu.

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

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  $0,067 l_w$  i nie mniejszej niż 50 mm.

**7.3.3.3** Wskaźnik przekroju wręgu głównego obliczony dla przekrojów końcowych wręgu, z uwzględnieniem przekroju odpowiednich węzłówek końcowych, powinien być nie mniejszy od wymaganego według 13.5, przy czym należy przyjąć pełną rozpiętość wręgu (bez uwzględnienia końcowych węzłówek), a wartości współczynnika momentu gnącego,  $m$ , jako 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 międzypokładziu.

**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 międzypokładziach 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 międzypokładziach,  
 $k_1 = 6,5$  dla wręgów w skrajnikach.

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

**7.3.3.9** Wymiary usztywnień rozpierających wręgi w skrajniku dziobowym powinny odpowiadać wymaganiom 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 wręgu, należy zastosować węzłówkę przeciwskrętną w środku rozpiętości wręgu, przy czym w rejonie o współrzędnych  $x > 0,35 L_0$ , 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 środnika wręgu i 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 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 nie rozmieszczone 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 maszynowni i w skrajnikach powinny mieć środnik o wysokości nie mniejszej niż wysokość obliczona wg wzoru:

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

Wysokość  $h$  nie musi być większa niż:

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

$l$  – rozpiętość wiażara, [m].

Szerokość mocników wiażarów w maszynowni powinna być nie mniejsza niż  $35 l$ , [mm].

Grubość mocników wiażarów 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 kolizyjnej ku dziobowi – po długości okrętu – i od dna do pokładu znajdującego się nad wodnicą konstrukcyjną – po wysokości okrętu – należy zastosować wzdłużniki burtowe w odstępach nie przekraczających 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 węzłówek mających poziome ramiona o długości równej co najmniej połowie szerokości wzdłużnika.

Zamiast rzędów pokładników można zastosować wręgi ramowe w odstępach nie przekraczających 3 m. Jeśli zastosowano wzdłużny układ wręgów burtowych, to odstęp wręgów ramowych powinien być nie większy niż 2,4 m. Moment bezwładności przekroju pokładników rozporowych,  $I_{\alpha}$ , należy określać według 13.7.3. W sposób przybliżony wymaganą wartość momentu bezwładności przekroju pokładników (z uwzględnieniem pasa współpracującego, jeśli on istnieje) można określić stosując wzór:

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

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

$A$  – powierzchnia burty podparta przez pokładnik rozporowy,  $[\text{m}^2]$ ;

$l$  – rozpiętość pokładnika rozporowego,  $[\text{m}]$ .

### 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.

## 7.4 Wzmocnienia części dziobowej

### 7.4.1 Zastosowanie

Wymagania niniejszego podrozdziału mają zastosowanie do wszystkich okrętów i obejmują wzmocnienia kadłuba ze względu na działanie falowych obciążeń udarowych w rejonie:  $z \geq T$ , a po długości okrętu – do przekroju znajdującego się  $0,1 L_0$  od PD w kierunku rufy.

Zwykle tylko okręty o długości  $L_0 \geq 100$  m oraz o znacznej prędkości i rozchyleniu burt na dziobie wymagają zastosowania 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 należy określać w oparciu o 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 środniki 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 środników wręgów ramowych, poziomych węzłówek przydziobnicowych, wzdłużników burtowych, pokładów i grodzi w rejonie dziobowym okrętu 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 środników 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 środnika 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 środnika 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, [kPa], określone według 7.4.5;

$h_w$  – wysokość środnika wiązara, [m];

$l$  – rozpiętość 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 udarowe od pracy na fali

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

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

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

$C_w$  – współczynnik falowy – patrz rozdział 17;

$h_0$  – pionowa odległość rozpatrywanego punktu od wodnicy konstrukcyjnej, [m];

$L_0$  – długość obliczeniowa okrętu;

$\alpha$  – kąt rozchylenia burt mierzony w płaszczyźnie prostopadłej do linii wodnicy w rozpatrywanym punkcie – patrz rys. 7.4.5;

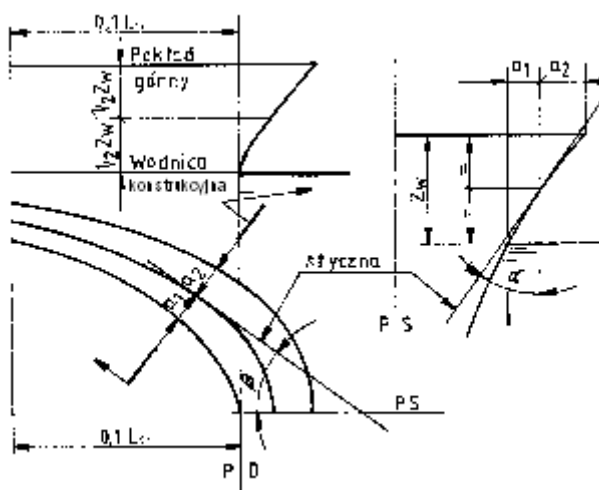
$\beta$  – kąt mierzony w płaszczyźnie wodnicy, na której znajduje się rozpatrywany punkt, pomiędzy płaszczyzną symetrii a styczną do poszycia w tym punkcie – patrz rys. 7.4.5.



Kąt  $\alpha$  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.

## 7.5 Wzmocnienia burt na oddziaływanie pchaczy i nabrzeży portowych

**7.5.1** Poszycie, usztywnienia poszycia i wiązary burt okrętu oraz grodzi poprzecznych i pokłady dolne powinny być odpowiednio wytrzymałe w warunkach oddziaływania pchaczy lub nabrzeży portowych, tzn. powinny spełniać kryteria wytrzymałości i stateczności określone w niniejszym podrozdziale.

**7.5.2** Należy przewidzieć i oznaczyć na obu burtach statku rejony przewidywane do oddziaływania pchaczy, w rejonach dziobowym i rufowym.

Każdy taki rejon powinien być nie krótszy niż 5 m i powinien sięgać do poziomu nie wyższego niż 0,5 m poniżej wodnicy.

W przypadku okrętów o długości  $L_w > 100$  m należy przewidzieć także rejon o wymiarach jak wyżej, usytuowany w rejonie owręża.

**7.5.3** Jeżeli na burtach okrętu nie zastosowano specjalnych odbojnic to należy założyć na każdej burcie rejon podlegający oddziaływaniu nabrzeży portowych, sięgający od poziomu nie wyższego niż 0,5 m poniżej wodnicy konstrukcyjnej do poziomu nie niższego niż 2,0 m powyżej tej wodnicy, na długości, gdzie szerokość wodnicy konstrukcyjnej przekracza  $0,9B$ .

**7.5.4** W obliczeniach wytrzymałości burt podlegających obciążeniom wymienionym w p. 7.5.1 należy przyjmować wartości siły  $P_b$  nacisku na burzę, o wartościach nie mniejszych niż:

– gdy  $D_p \leq 2000$  t:

$$P_b = D_p / 12,5, \text{ [kN]} \quad (7.5.4-1)$$

– gdy  $2000 \text{ t} < D_p \leq 15000$  t:

$$P_b = 160, \text{ [kN]} \quad (7.5.4-2)$$

– gdy  $D_p > 15000$  t:

$$P_b = D_p / 100, \text{ [kN]} \quad (7.5.4-3)$$



Należy założyć, że siła  $P_b$  jest rozłożona w formie stałego ciśnienia na obszarze o wymiarach  $0,3 \text{ m} \times 0,3 \text{ m}$  (na powierzchni  $0,09 \text{ m}^2$ ) usytuowanym w dowolnym miejscu rejonów wymienionych w p. 7.5.2 i 7.5.3.

**7.5.5** Grubość poszycia burt w rejonach określonych w p. 7.5.2 i 7.5.3 powinna być nie mniejsza od określonych wg p. C/9.3.3.1, przyjmując do obliczeń ciśnienie  $P$  określone w p. 7.5.4 traktowane analogicznie do nacisku koła na pokład, o odcisku  $0,3 \text{ m} \times 0,3 \text{ m}$  oraz wartości współczynnika  $k_1 = 1,0$ .

**7.5.6** Wskaźnik przekroju wręgów burtowych powinien być nie mniejszy od określonego wg p. C/9.4.2, przyjmując do obliczeń ciśnienie  $P$  jak w p. 7.5.5 i wartość współczynnika  $k = 0,8$ .

**7.5.7** Blachy środników wiązarów, pokładów i grodzi stykające się z burtami w rejonach określonych w p. 7.5.2 i 7.5.3 powinny spełniać kryteria stateczności dla płyt określone w rozdziale 13, w warunkach jednokierunkowego ściskania w kierunku prostopadłym do  $PS$  okrętu, naprężeniami:

$$\sigma = \frac{P_b}{s \cdot t} \cdot 10^3, [\text{MPa}] \quad (7.5.7)$$

gdzie:

$P_b$  – siła określona w p. 7.5.4, [kN];

$s = 300 \text{ mm}$ ;

$t$  – grubość ściskanej blachy, [mm].

## 7.6 Wzmocnienia burt okrętów obsługujących inne okręty w morzu

### 7.6.1 Burty i rufa

**7.6.1.1** W rejonach narażonych na uszkodzenia należy zamontować odbojnice.

**7.6.1.2** W rejonie wzmocnień burt powinien zostać zastosowany poprzeczny układ wiązań. Zastosowanie wzdłużnego układu wiązań jest dopuszczalne za zgodą PRS; odstęp wręgów ramowych nie powinien przekraczać trzech odstępów wręgowych lub  $2,4 \text{ m}$ , zależnie która wartość jest mniejsza. Analiza obliczeniowa konstrukcji burty, uwzględniająca energię kontaktu, powinna zostać przedstawiona do weryfikacji przez PRS.

**7.6.1.3** Grubość poszycia burty i obła powinna być nie mniejsza niż grubość obliczona wg wzoru:

$$t = (6,5 + 0,05L_0) \frac{s}{s_s}, [\text{mm}] \quad (7.6.1.3-1)$$

gdzie:

$s$  – odstęp usztywnień mierzony wzdłuż poszycia, [m];

$s_s$  – standardowy odstęp wręgów obliczony wg wzoru:

$$s_s = 0,48 + 0,002L_0, [\text{m}] \quad (7.6.1.3-2)$$

i powinna wynosić co najmniej  $9 \text{ mm}$ ; należy przyjmować  $\frac{s}{s_s} \geq 1,0$ .

W rejonach narażonych na uszkodzenia, a niechronionych przez odbojnice, grubość poszycia burty powinna być nie mniejsza niż dwukrotna grubość wymagana powyżej. Zgrubione poszycie burty powinno mieć wysokość co najmniej  $0,01 L_0$  ale nie mniej niż  $1 \text{ m}$ .

**7.6.1.4** 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:

$$W_1 = 1,5L_0s, [\text{cm}^3] \quad (7.6.1.4-1)$$

$$W_2 = 1,25W , [\text{cm}^3] \quad (7.6.1.4-2)$$

$W$  – wskaźnik przekroju, określany według wymagań podstawowych,

$l$  – rozpiętość wręgu, [m];

$s$  – odstęp wręgów, [m].

Wskaźnik przekroju wręgów głównych i wręgów w międzypokładzie w rejonach narażonych na uszkodzenia, niechronionych przez odbojnice, powinien być nie mniejszy niż wskaźnik obliczony wg wzoru:

$$W = 2,5L_0ls , [\text{cm}^3] \quad (7.6.1.4-3)$$

Wszystkie wręgi powinny mieć węzłówki końcowe. Wręgi nie powinny być spawane do poszycia spoiną podkrojową.

**7.6.1.5** Płaska część dna w rejonie rufy powinna być odpowiednio usztywniona.

---

## 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 A/2.4.

**8.1.1.2** Dodatkowe wymagania, odnoszące się do pokładów przeznaczonych do transportu pojazdów podane są w rozdziale C/10 a dla lądowisk śmigłowców – w rozdziale C/9.

### 8.2 Konstrukcja

#### 8.2.1 Układ wiązań

Na okrętach o długości  $L_0 > 100$  m pokład wytrzymałościowy poza linią otworów lukowych powinien mieć wzdłużny układ wiązań. Pomiędzy lukami zaleca się zastosowanie poprzecznego układu wiązań.

#### 8.2.2 Pokładniki wzdłużne

Przy wzdłużnym układzie wiązań pokładu wytrzymałościowego zalecane jest aby pokładniki wzdłużne przechodziły w sposób ciągły przez wiązania poprzeczne w rejonie  $-0,25 L_0 \leq x \leq 0,25 L_0$ . Na okrętach o długości  $40 \text{ m} \leq L_0 \leq 100 \text{ m}$  pokładniki wzdłużne pokładu wytrzymałościowego w rejonie  $-0,25 L_0 \leq x \leq 0,25 L_0$  mogą być przerywane na wiązaniach poprzecznych; należy wówczas zastosować ciągłe węzłówki przechodzące przez wiązania poprzeczne i łączące pokładniki wzdłużne, lub w inny sposób zapewnić ciągłość konstrukcyjną.

Poza rejonem  $-0,25 L_0 \leq x \leq 0,25 L_0$  na okrętach o długości  $L_0 \geq 40$  m i na całej długości okrętów o długości  $L_0 < 40$  m pokładniki wzdłużne pokładu wytrzymałościowego 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, tak 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 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 niż grubość przyległych płyt poszycia pokładu. Jeżeli końcowa ściana nadbudówki okrętu o długości  $L_0 > 65$  m, której pokład jest pokładem wytrzymałościowym, jest położona w rejonie o współrzędnych  $-0,25 L_0 \leq x \leq 0,25 L_0$ , 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 wzdłużnego zginania kadłuba, wymagana jest stal kategorii B, D lub E, to szerokość takiej mocnicy/pasa poszycia 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.

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

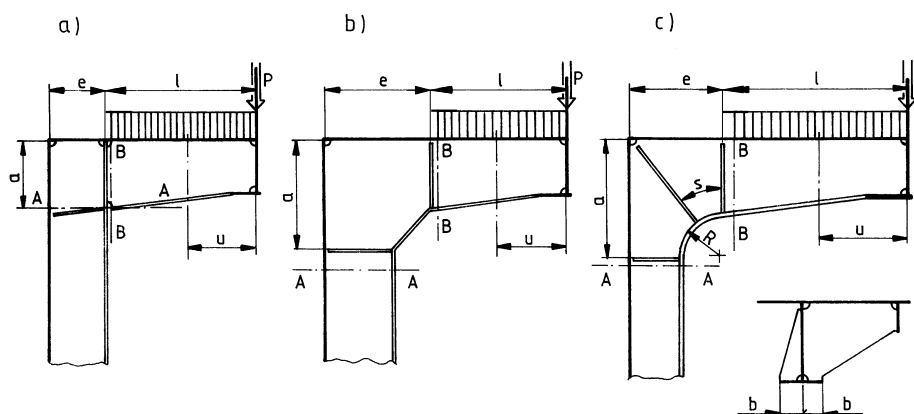
**8.3.3.4** Pokładniki ramowe należy zastosować na najniższym pokładzie w maszynie, w płaszczyźnie wręgów ramowych. Wysokość pokładników ramowych powinna być co najmniej równa 50% wysokości wręgów ramowych, a grubość środka oraz wymiary mocnika powinny być równe odpowiednim wymiarom wręgów ramowych.

## 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.

## 8.3.5 Wymiarowanie pokładników wspornikowych luku

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



Rys. 8.3.5.1 Pokładniki wspornikowe w obrębie luku

Przy zastosowaniu innych rozwiązań konstrukcyjnych wymagane jest przeprowadzenie analizy naprężeń, zgodnie z wymaganiami rozdziału 14.

**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 zrzębnicą luku, wywołana działaniem obciążenia pionowego pokrywy luku oraz pokładu usztywnionego poprzecznie, [kN];
- $Q$  – obciążenie wywołane działaniem ładunku na pokład usztywniony wzdłużnie:
  - $Q = plb_0$ , [kN];
  - $b_0$  – szerokość obciążonej powierzchni, równa odstępowi między pokładnikami wspornikowymi, [m];
  - $p$  – ciśnienie obliczeniowe według rozdziału 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:

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

**8.3.5.4** Efektywną szerokość mocnika  $b_e$  należy określać następująco:

- dla nie zaokrąglonego połączenia pokładnika wspornikowego z wręgiem ramowym (rys. 8.3.5.1 a, b):

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

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

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

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

$k_1$  – współczynnik określany wg 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  $0,4 l$ . 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 zabezpieczona przed utratą stateczności, jeżeli wymiary naroża  $a$  i  $e$  są większe niż  $70t$ .

## 8.4 Wymagania dodatkowe

### 8.4.1 Wytrzymałość poprzeczna pokładu między lukami

Na okrętach mających duże otwory lukowe należy sprawdzić, czy efektywne pole poprzecznego przekroju pokładu między lukami jest wystarczające do przeniesienia obciążeń poprzecznych działających na burty okrętu. 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),
- grodzi poprzecznej (płaskiej lub profilowanej poziomo) od pokładu do poziomu  $0,15H$  poniżej pokładu. Przy obliczaniu efektywnego pola przekroju przewiązki należy odjąć naddatki na korozję.

Naprężenia ściskające powinny być nie większe niż  $120k$ , [MPa] oraz nie większe niż 80% naprężenia krytycznego dla poszycia pokładu i 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 żurawi pokładowych**

**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.

**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 dodatkowo podpartych podporami. Wzmocnienia te podlegają odrębnemu rozpatrzeniu przez PRS.

#### **8.4.4 Wzmocnienia pokładu wytrzymałościowego w rejonach końcowych ścian nadbudówek i pokładówek**

Poszycie pokładu wytrzymałościowego powinno być wzmocnione w rejonach końcowych ścian nadbudówek/pokładówek.

Zalecane jest zastosowanie zwiększenia przynajmniej o 20% grubości poszycia pokładu i ścian bocznych nadbudówki/pokładówki w rejonie przedmiotowych końcowych ścian, na szerokości pokładu około  $0,1B$  i na długości zbliżonej do 2-krotnej wysokości tych ścian (symetrycznie w kierunku dziobu i rufy okrętu).

PRS może wymagać wykonania analizy wytrzymałości doraźnej tych rejonów stosując obliczenia MES i obliczeń trwałości zmęczeniowej rejonów karbów – zależnie od zastosowanych szczegółowych rozwiązań konstrukcji w tych rejonach.

#### **8.4.5 Wzmocnienie pokładu pod lądowiskiem śmigłowców**

**8.4.5.1** Jeżeli lądowisko śmigłowców lub płaszczyzna VERTEP stanowi pokład okrętu to do pokładu należy stosować wymagania rozdziału C/8.

**8.4.5.2** Poniżej lądowiska i powierzchni wydzielonej VERTEP nie należy sytuować pomieszczeń w których podczas startów lub lądowań śmigłowca lub w czasie operacji VERTEP przebywają ludzie albo jest składowane paliwo płynne lub amunicja.

Jeżeli nie da się tego uniknąć, to wówczas do obliczeń konstrukcji pokładu należy stosować obciążenia obliczeniowe jak dla rejonu krytycznego (p. C/8.2).

W przypadku, gdy lądowisko jest położone ponad pokładem ale konstrukcja lądowiska jest powiązana z konstrukcją pokładu powyższa zasada również obowiązuje.

### **8.5 Otwory w pokładach**

#### **8.5.1 Wymagania ogólne**

**8.5.1.1** Szerokość otworów pojedynczych luków powinna być nie większa niż 0,6 szerokości okrętu 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 nie będące otworami luków powinny odpowiadać następującym wymaganiom:



- w miarę możliwości otwory w pokładzie wytrzymałościowym w rejonie o współrzędnych  $-0,3 L_0 \leq x \leq 0,3 L_0$ , 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  $-0,3 L_0 \leq x \leq 0,3 L_0$  kształt naroża otworu luku powinien odpowiadać następującym wymaganiom:

- jeżeli zastosowano zaokrąglenie będące częścią okręgu, to jego promień powinien być nie mniejszy od obliczonego 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 okrętu 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 od obliczonego 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 okrętów 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.



## 8.6 Zrębnice

### 8.6.1 Wymagania ogólne

**8.6.1.1** Wymagane wysokości zrębnic określone są w *Części III – Wyposażenie kadłubowe*.

**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 pomieszczeń do przewozu zapasów

**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 zrębnic 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 zrębnicę wzdłużną i poprzeczną poza naroża za pomocą węzłówek.

Węzłówki powinny zapewniać płynne połączenie zrębnic z wiązarami pod pokładem.

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

**8.6.2.6** Zrębnice, których wysokość nad pokładem wynosi więcej niż 0,6 m, powinny mieć poziome usztywnienie, zamontowane w odległości nie większej niż 0,25 m od górnej krawędzi zrębnic. Jeżeli długość zrębnic 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 wymaganiam podanym w 8.3.3.

**8.6.3.2** Zrębnice luków pomieszczeń przeznaczonych do przewozu balastu lub zapasów płynnych, powinny odpowiadać wymaganiam dla grodzi zbiorników, podanym w 9.3.

**8.6.3.3** Grubość pionowych płyt zrębnic luków na okrętach 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 elementów przewożonych na pokrywie luku (patrz również *Część III – Wyposażenie kadłubowe*).

#### **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  $x \geq 0,25 L_0$  powinna być nie mniejsza niż grubość obliczona wg wzoru:

$$t = 0,01d + 5, \quad [\text{mm}] \quad (8.6.4.1)$$

$d$  – średnica wewnętrzna, a dla zrębnicy prostokątnej długość większego boku, [mm].

Grubość  $t$  powinna być nie mniejsza niż 7 mm i nie musi być większa niż 10 mm.

Grubość zrębnic na pokładach nadbudówek pierwszej kondygnacji rozmieszczonych w rejonie o współrzędnej  $x < 0,25 L_0$  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 zrębница 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 pomieszczeń do przewozu zapasów; grubość zrębnic powinna być nie mniejsza niż 7 mm, lecz 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 pomieszczeniach do przewozu zapasów 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 13.7, [kN].

Średnica płyty nakładkowej powinna być większa od średnicy podpory o 6  $t$ .

**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 nad lub pod pokładem lub w inny równorzędny sposób (np. stosując

wstawki stożkowe), niezależnie od zastosowania płyt nakładkowych, tak aby zapewnić przenoszenie 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 13.7.

**8.7.2.2** Grubość ścianek podpór rurowych powinna być nie mniejsza niż grubość obliczona wg wzoru:

$$t = k \frac{E}{E_m} \frac{d_z}{50} + 3.5 \quad [\text{mm}] \quad (8.7.2.2)$$

i powinna wynosić nie mniej niż 6 mm.

$d_z$  – średnica zewnętrzna podpory, [mm],

$E$  – moduł Younga stali, [MPa],

$E_m$  – moduł Younga materiału podpory, [MPa].

**8.7.2.3** Grubość śródników podpór wykonanych z kształtowników powinna być nie mniejsza niż grubość obliczona wg wzoru:

$$t = \sqrt{k} \frac{h_s}{50}, \quad [\text{mm}] \quad (8.7.2.3)$$

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:

$$A_p = 0.07 F_p p_p / k, \quad [\text{cm}^2] \quad (8.7.3.1)$$

$F_p$  – pole powierzchni pokładu podpartej przez podpory, [m<sup>2</sup>];

$p_p$  – 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 Wzmocnienia pod kontenerami

### 8.8.1 Konstrukcja pokładów w rejonie kontenerów

W konstrukcji pokładu, na którym mają być ustawione kontenery, należy przewidzieć odpowiednio wytrzymały system usztywnień lub wiązarów w rejonach gniazd i pod zaczepami dla odciągów stosowanych do mocowania kontenerów.

### 8.8.2 Obciążenia obliczeniowe

**8.8.2.1** Dopuszczalne wartości mas kontenerów powinny być wyszczególnione w *Instrukcji kontroli obciążenia okrętu* (patrz 15.14).

Jeżeli w *Instrukcji kontroli obciążenia* nie przyjęto inaczej, to największą masę kontenerów należy przyjmować jako równą:

- 30,5 t – dla kontenerów 20-stopowych;
- 30,5 t – dla kontenerów 40-stopowych.

**8.8.2.2** Określając obciążenia dynamiczne (siły bezwładności) od kontenerów, należy rozpatrzyć możliwe kombinacje obciążeń pionowych, poprzecznych i wzdłużnych, według zasad podanych w 17.6.8.

Można przyjąć, że obciążenia poprzeczne i wzdłużne nie działają jednocześnie.

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.

### 8.8.3 Wytrzymałość pokładów obciążonych kontenerami

Wytrzymałość systemu wiązań pokładów w rejonie kontenerów należy sprawdzić dla obciążeń podanych w 8.8.2.2, wg metod wymaganych w rozdziale 14, stosując podane tam wartości naprężeń dopuszczalnych.

## 8.9 Wzmocnienia rufowego pokładu otwartego przeznaczonego do przewozu ładunków pokładowych (okręty obsługi/wsparcia)

### 8.9.1 Pokład otwarty przeznaczony do przewozu ładunku

**8.9.1.1** Wymiary wiązań pokładu należy obliczać przyjmując obciążenie ładunkiem nie mniejsze niż  $1,5$  t/m<sup>2</sup>, zwiększone o 80% obciążenia wywołanego działaniem morza, określonego według 17.6. Jeżeli obciążenie ładunkiem przekracza  $4$  t/m<sup>2</sup>, 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.

**8.9.1.2** Grubość płyt poszycia pokładu powinna wynosić co najmniej 8 mm.

**8.9.1.3** Rejony pokładu przewidziane do składania ciężkich ładunków powinny być odpowiednio wzmocnione.

**8.9.1.4** 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  $6 F_p$  [kN], równomiernie rozłożone na stojaku znajdującym się na jednej burcie okrętu, gdzie  $F_p$  – całkowite pole powierzchni pokładu pomiędzy stojakami [m<sup>2</sup>].

**8.9.1.5** 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.

**8.9.1.6** Wymiary konstrukcji podpierającej wyposażenie holownicze należy obliczać na podstawie wielkości siły zrywającej linę holowniczą.

## 9 GRODZIE

### 9.1 Zasady ogólne

#### 9.1.1 Zastosowanie

Wymagania niniejszego rozdziału dotyczą rozmieszczenia i konstrukcji grodzi zgodnie z definicją podaną w A/2.5.

#### 9.1.2 Oznaczenia

$L_F$  – długość okrętu – 96% całkowitej długości kadłuba mierzonej w płaszczyźnie wodnicy znajdującej się nad płaszczyzną podstawową na wysokości równej 85% wysokości bocznej lub długość mierzona w płaszczyźnie tej wodnicy od przedniej krawędzi dziobnicy do osi trzonu sterowego (lub do pawęży – dla okrętów bez klasycznego steru), jeżeli długość ta jest większa. Jeżeli dziób lub rufa okrętu mają kształty różniące się od zwykle stosowanych, długość  $L_F$  należy określić w uzgodnieniu z PRS.

$T_F$  – zanurzenie okrętu, równe  $0,85 H_F$ , [m].

$H_F$  – najmniejsza wysokość boczna mierzona do pokładu górnego, [m].

$\delta_F$  – współczynnik pełnotliwości kadłuba odpowiadający zanurzeniu  $T_F$ , obliczany wg wzoru:

$$\delta_F = \frac{V_F}{L_F B T_F} \quad (9.1.2)$$

$PD_F$  – pion dziobowy określony dla wodnicy, na której mierzona jest długość  $L_F$ .

$h_N$  – wysokość nadbudówki, [m].

$V_F$  – objętość zanurzonej części okrętu, mierzona do zewnętrznych krawędzi 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 okrętu na przedziały wodoszczelne.

**9.2.1.2** Każdy okręt powinien posiadać następujące grodzie wodoszczelne:

- gródź kolizyjną,
- gródź skrajnika rufowego,
- grodzie ograniczające przedziały maszynowni głównej i maszynowni pomocniczych (przy czym gródź przedziału maszynowni może być jednocześnie grodzią skrajnika rufowego lub grodzią kolizyjną).

Ogólna liczba poprzecznych grodzi wodoszczelnych na okrętach nie mających grodzi wzdłużnych nie powinna być mniejsza od podanej w tabeli 9.2.1.2.

Odległość między sąsiednimi grodziami nie powinna przekraczać 30 m; możliwość jej zwiększenia podlega odrębnemu rozpatrzeniu przez PRS.

Liczba grodzi wodoszczelnych może zostać zmniejszona po odrębnym rozpatrzeniu przez PRS podziału przestrzennego i wytrzymałości kadłuba.

**Tabela 9.2.1.2**  
**Liczba poprzecznych grodzi wodoszczelnych**

Długość okrętu $L_F$ [m]	Położenie maszynowni	
	na rufie <sup>1)</sup>	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
$L_F > 190$	według uzgodnienia z PRS	

<sup>1)</sup> Gródź skrajnika rufowego stanowi ograniczenie maszynowni od strony rufy.

**9.2.1.3** Zalecane jest usytuowanie grodzi poprzecznych lub grodzi częściowych pod końcowymi ścianami nadbudówek lub pokładówek, pod masztami, żurawiami oraz pod ciężkimi elementami wyposażenia i uzbrojenia okrętu.

Grodzie takie powinny mieć wytrzymałość i sztywność odpowiednie do przejścia statycznych i dynamicznych obciążeń od podpieranych przez nie elementów.

## 9.2.2 Położenie grodzi kolizyjnej

**9.2.2.1** Odległość  $l_c$  grodzi kolizyjnej od pionu dziobowego  $PD_F$  powinna być zawarta w przedziale:

$$\left. \begin{array}{l} \text{dla } L_F < 200 \text{ m: } 0,05L_F - l_r \\ \text{dla } L_F \geq 200 \text{ m: } 10 - l_r \end{array} \right\} \leq l_c \leq 0,08L_F - l_r, \quad [\text{m}] \quad (9.2.2.1)$$

przy czym należy przyjmować:

– dla okrętów ze zwykłym kształtem dziobu:

$$l_r = 0$$

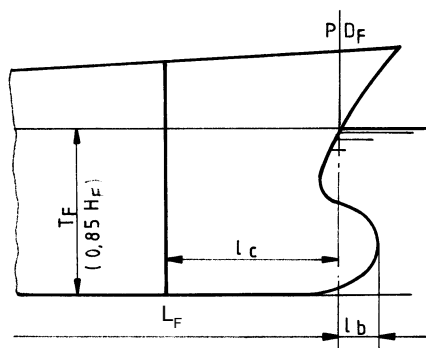
– dla okrętów, których jakakolwiek podwodna część kadłuba sięga przed płaszczyznę pionu dziobowego  $PD_F$ , najmniejszą z wartości:

$$l_r = 0,5 l_b, [\text{m}],$$

$$l_r = 0,015 L_F, [\text{m}],$$

$$l_r = 3,0, [\text{m}].$$

Sposób określenia  $l_b$  pokazano na rysunku 9.2.2.1.

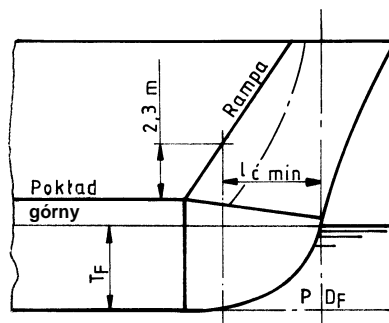


Rys. 9.2.2.1 Określenie położenia grodzi kolizyjnej

**9.2.2.2** Powyższe wymagania odnoszą się również do uskoków i wnęk w grodzi kolizyjnej.

**9.2.2.3** Na okrętach z furtami dziobowymi, na których pochyła rampa ładunkowa stanowi część grodzi kolizyjnej powyżej pokładu górnego, część zamkniętej rampy leżąca powyżej poziomu 2,3 m nad pokładem wolnej burty może sięgać w kierunku dziobu poza granicę określoną w 9.2.2.1 (patrz rys. 9.2.2.3). Powinien być przy tym zachowany warunek wyrażony wzorem 9.2.2.1.

Rampa w stanie zamkniętym powinna być strugoszczelna na całym obwodzie.



Rys. 9.2.2.3 Gródź kolizyjna z rampą

**9.2.2.4** Po uzgodnieniu z PRS odległość grodzi kolizyjnej od  $PD_F$  może być zwiększona ponad określoną w 9.2.2.1, jeżeli po zatopieniu skrajnika dziobowego wodnica awaryjna okrętu będzie się znajdowała poniżej pokładu górnego.

### 9.2.3 Pionowy zasięg grodzi wodoszczelnych

**9.2.3.1** Wszystkie poprzeczne grodzie wodoszczelne powinny sięgać do pokładu górnego. Gródź skrajnika rufowego może sięgać do pierwszego wodoszczelnego pokładu położonego powyżej wodnicy konstrukcyjnej – pod warunkiem, że pokład ten jest wodoszczelny w obszarze od grodzi skrajnika rufowego do rufy.

**9.2.3.2** Dla okrętów mających pokład ciągły poniżej pokładu górnego oraz zanurzenie mniejsze od wysokości bocznej mierzonej do niższego pokładu – wszystkie grodzie wodoszczelne, z wyjątkiem grodzi kolizyjnej, mogą kończyć się na niższym pokładzie – pod warunkiem, że spełnione będą kryteria stateczności i niezatapialności podane w Części IV – Stateczność i niezatapialność. W tych przypadkach wymaga się jednak, aby szyb maszynowy między pokładem górnym a pokładem niższym oraz pokład niższy w obrębie maszynowni poza szybem, miały konstrukcję wodoszczelną.

**9.2.3.3** Gródź kolizyjna na okrętach z dziobówką lub pokładem ciągłym ponad pokładem górnym, powinna dochodzić do pokładu dziobówki lub pokładu ciągłego. Część grodzi znajdująca się powyżej pokładu górnego może nie być wykonana w przedłużeniu części usytuowanej poniżej, lecz powinna spełniać wymagania podrozdziału 9.2.1, a fragment pokładu górnego stanowiący uskok grodzi powinien być wodoszczelny.

### 9.2.4 Przedziały ochronne

**9.2.4.1** Przedziały ochronne należy stosować w przypadkach sąsiedztwa :

- zbiorników paliwa z pomieszczeniami mieszkalnymi, służbowymi lub chłodzonymi oraz zbiornikami wody słodkiej lub oleju smarowego;
- zbiorników oleju smarowego z pomieszczeniami mieszkalnymi, służbowymi lub chłodzonymi oraz zbiornikami paliwa lub wody słodkiej;
- zbiorników wody słodkiej ze zbiornikami paliwa, oleju smarowego lub fekalii.

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, dla przeglądów i remontów. Przedział przed grózią kolizyjną (skrajnik dziobowy) nie jest uznawany za przedział ochronny.



**9.2.4.2** Jeżeli zbiorniki paliwa muszą być umieszczone w maszynowni lub w jej bezpośrednim sąsiedztwie, to należy je konstruować tak, aby ich ściany nie podlegały bezpośredniemu oddziaływaniu wysokich temperatur przy ewentualnym pożarze w maszynowni.

### 9.2.5 Minimalna wysokość dziobu

**9.2.5.1** Wymaganą wysokość dziobu,  $H_b$ , rozumianą jako pionowa odległość mierzona na pionie dziobowym  $PD_F$ , przy burcie, od wodnicy konstrukcyjnej do górnej krawędzi nie osłoniętego pokładu, należy obliczać wg wzoru:

$$H_b = 56L_F \left(1 - \frac{L_F}{500}\right) \frac{1,36}{\delta_F + 0,68}, \quad [\text{mm}] \quad (9.2.5.1)$$

$\delta_F$  – współczynnik pełnotliwości kadłuba; wartość przyjęta do obliczeń powinna być nie mniejsza niż 0,68.

**9.2.5.2** Jeżeli wymagana wysokość dziobu została osiągnięta przez zastosowanie dziobówki, to taka dziobówka powinna rozciągać się od dziobnicy do poprzecznego przekroju kadłuba odległego co najmniej  $0,07 L_F$  od pionu dziobowego  $PD_F$ , ku rufie.

**9.2.5.3** Jeżeli wymagana wysokość dziobu została osiągnięta dzięki wzniosowi górnego pokładu ciągłego, to wznios ten powinien się rozciągać do poprzecznego przekroju kadłuba odległego co najmniej  $0,15 L_F$  od pionu dziobowego  $PD_F$ , ku rufie.

### 9.2.6 Grodzie gazoszczelne

Grodzie gazoszczelne powinny być rozmieszczone i konstruowane zgodnie z wymaganiami rozdziałów C/2 i C/4.

## 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 płaszczyźnie symetrii okrętu.

**9.3.1.2** Na okrętach z maszynownią na śródkręciu powinien być zastosowany wodoszczelny tunel wału śrubowego. PRS może zgodzić się na to, aby 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** Pochwa wału śrubowego powinna być umieszczona w wodoszczelnym przedziale. Dławnica pochwy wału śrubowego powinna znajdować się w wodoszczelnym tunelu wału śrubowego lub w innym wodoszczelnym pomieszczeniu, oddzielnym od przedziału pochwy wału śrubowego.

**9.3.1.4** Jeżeli w grodziach wodoszczelnych przewidziano otwory, powinny one być wyposażone w odpowiednie zamknięcia, spełniające wymagania określone w *Części III – Wyposażenie kadłubowe*.

### 9.3.2 Konstrukcja grodzi wzdłużnych

W rejonie o współrzędnych  $-0,25 L_0 \leq x \leq 0,25 L_0$ , 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

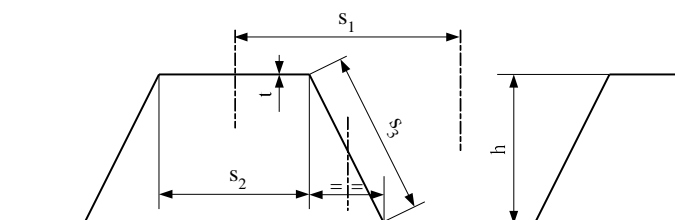
**9.3.3.1** Grodzie poprzeczne i wzdłużne oddzielające przedziały wodoszczelne oraz grodzie zbiorników mogą być profilowane.

Wzdłużne grodzie profilowane o poziomym układzie profilowania 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  $0,08B$ .

**9.3.3.2** Obliczeniowe odstępy usztywnień dla grodzi profilowanych przyjmuje się następująco (patrz rys. 9.3.3.2):

- do obliczeń wymaganej grubości poszycia – większą z wartości:  
 $s = 1,05 s_2$  lub  $s = 1,05 s_3$ , [m] – w ogólnym przypadku,  
 $s = s_2$  lub  $s = s_3$ , [m] – jeżeli pasy środkowe tworzą z płaszczyzną grodzi kąt  $90^\circ$ ,
- 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, gazoszczelnych, przelewowych oraz grodzi zbiorników należy określać zgodnie z 13.2 i 13.4.

**9.4.1.2** Może być wymagane zwiększenie grubości poszycia grodzi skrajnika rufowego lub zastosowanie płyty nakładkowej w rejonie dławnicy wału śrubowego.

**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 grubość obliczona wg wzorów:

$$t = \frac{s_2}{0,05}, \quad [\text{mm}], \quad \text{gdy } \frac{s_2}{s_3} = 0,5 \quad (9.4.1.3-1)$$

$$t = \frac{s_2}{0,07}, \quad [\text{mm}], \quad \text{gdy } \frac{s_2}{s_3} \geq 1,0 \quad (9.4.1.3-2)$$

( $s_1, s_2$  – 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:

$$\sqrt{\frac{W \text{ wymagany}}{W \text{ rzeczywisty}}} \quad (9.4.1.3-3)$$

## 9.4.2 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 spełniać również wymagania podane w 13.7.3.

### 9.4.2.3 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 spełniać również wymagania podane w 13.7.3.

## 9.4.3 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.

## 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 wynosić 90% grubości wymaganej dla płaskiego poszycia, przy zachowaniu tego samego odstępu usztywnień.

### 9.5.2 Grodzie podporowe

**9.5.2.1** Usztywnienia grodzi podpierających pokłady należy traktować jako podpory, które powinny spełniać wymagania 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 6,5 mm.

**9.5.2.3** Wysokość profilu na grodziach profilowanych powinna być nie mniejsza niż 100 mm w międzypokładziu.

---

## 10 NADBUDÓWKI, POKŁADÓWKI, SPONSONY I NADBURCIA

### 10.1 Zasady ogólne

#### 10.1.1 Zastosowanie

Wymagania niniejszego rozdziału dotyczą konstrukcji końcowych ścian nadbudówek, ścian pokładówek, szybów i nadburcia oraz konstrukcji sponsonów.

Dla bocznych ścian nadbudówek mają zastosowanie wymagania rozdziału 7, dotyczące burt, zaś dla pokładów pokładówek i nadbudówek mają zastosowanie wymagania rozdziału 8, dotyczące pokładów.

#### 10.1.2 Określenia

**P o k ł a d ó w k a   d ł u g a** – pokładówka, której długość lub część długości znajdująca się w obrębie  $0,4 L_0$  w środkowej części okrętu wynosi nie mniej niż  $0,2 L_0$ .

**P o k ł a d ó w k a   k r ó t k a** – pokładówka, która nie może być określona jako długa.

**K o n d y g n a c j a** – przestrzeń między kolejnymi pokładami nadbudówki lub pokładówki; kondygnacje liczone są od pokładu górnego.

#### 10.1.3 Oznaczenia

*l* – rozpiętość usztywnienia, [m], określana według 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. Także rufowa ściana końcowa powinna być efektywnie podparta. Jeżeli jest to możliwe, ściany boczne nie osłonięte 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 okrętach, 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 zastosowanie grodzi poprzecznych lub systemu wiązarów.

**10.2.1.3** Jeżeli ściany boczne nadbudówki pokrywają się z burtami okrętu, 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 i nie powinno być połączone z nadburciem.

W zasadzie nie należy wykonywać otworów w przedłużonym poszyciu nadbudówki.

**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 zwiększoną grubość.

**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) stosując zaokrąglenie o promieniu obliczonym wg wzoru:

$$R = 0,02l_p, \quad [m] \quad (10.2.1.5)$$

$l_p$  – długość pokładówki, [m].

Przyjęta wartość promienia  $R$  nie musi 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 niż wysokość pokładników zwiększona 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 oraz połączenie długich nadbudówek i pokładówek biorących udział w wytrzymałości wzdłużnej jednostki podlega odrębnemu rozpatrzeniu przez PRS.

**10.2.2.4** W przypadku kadłuba okrętu, gdzie pokładem wytrzymałościowym jest pokład nadbudówki o długości mniejszej od długości okrętu lub w ścianach nadbudówki zastosowano otwory o znaczących rozmiarach lub dużą liczbę mniejszych otworów, w ocenie wytrzymałości ogólnej należy uwzględnić niepełną efektywność nadbudówki w przenoszeniu momentu zginającego i siły ścinającej.

**10.2.2.5** W takiej sytuacji wymagane jest wykonanie obliczeń z zastosowaniem modelu MES całego kadłuba okrętu – wg wymagań podrozdziału 14.6.

## 10.2.3 Sponsony

System wiązarów sponsonów powinien być dopasowany do konfiguracji wiązarów kadłuba.

Końcowe części sponsonów powinny w sposób płynny być ukosowane – na długości nie mniejszej niż 5 odstępów wręgowych.

### 10.3 Wymiarowanie wiązań

#### 10.3.1 Poszycie ścian

**10.3.1.1** Grubość poszycia nie osłoniętych 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;

$\sigma = 160k$ , [MPa].

**10.3.1.2** Ostatecznie przyjęta grubość poszycia ścian nadbudówek i pokładówek powinna być nie mniejsza niż:

– dla dolnej kondygnacji:

$$t = 5 + 0,01L_0, \quad [\text{mm}] \quad (10.3.1.2-1)$$

lecz nie musi być większa niż 8 mm;

– dla pozostałych kondygnacji:

$$t = 4 + 0,01L_0, \quad [\text{mm}] \quad (10.3.1.2-2)$$

lecz nie mniejsza niż 5 mm;  $t$  może nie przekraczać 7 mm.

**10.3.1.3** Grubość poszycia bocznych ścian pokładówek nie musi być większa od grubości wymaganej dla nadbudówek w tym samym rejonie.

**10.3.1.4** Grubość poszycia sponsonów należy ustalać wg kryteriów dla pokładów i burt.

W przypadku sponsonów usytuowanych poza środkową częścią okrętu należy uwzględnić ciśnienia od slemingu, wyznaczone wg 7.4.5, a grubość poszycia obliczać wg wymagań 7.4.2.

#### 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 obliczony wg wzoru:

$$W = \frac{100l^2 sp}{\sigma}, \quad [\text{cm}^3] \quad (10.3.2.1)$$

$p$  – 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 okrętu; naprężenia te można liniowo zwiększać do wartości 160k przy pokładzie pierwszej kondygnacji oraz po długości – w skrajnych częściach okrętu,

$l, s$  – patrz 10.1.3.

**10.3.2.2** Wymiary usztywnień bocznych ścian 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 obliczone wg wzoru:

$$A_p = \frac{0,07 l s p}{k}, \quad [\text{cm}^2] \quad (10.3.2.3)$$

$p$  – 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.

**10.3.2.4** Wskaźnik przekroju usztywnień sponsonów należy dodatkowo sprawdzić wg wymagań podanych w 7.4.3, z uwzględnieniem ciśnień od slemingu określonych wg 7.4.5.

### 10.3.3 Szyby

**10.3.3.1** Grubość poszycia szybów osłoniętych powinna być nie mniejsza niż grubość obliczona wg wzorów:

– w rejonie pomieszczeń innych niż mieszkalne:

$$t = 8,5s, \quad [\text{mm}] \quad (10.3.3.1-1)$$

lecz nie mniej niż 6 mm;

– w rejonie pomieszczeń mieszkalnych:

$$t = 6,5s, \quad [\text{mm}] \quad (10.3.3.1-2)$$

lecz nie mniej niż 5 mm.

**10.3.3.2** Wskaźnik przekroju usztywnień powinien być nie mniejszy niż wskaźnik obliczony wg wzoru:

$$W = 3l^2s, \quad [\text{cm}^3] \quad (10.3.3.2)$$

$l$  – 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 maszynownią i pomieszczeniami funkcjonalnymi okrętu (np. magazyny) powinny być stalowe.

## 10.4 Obliczeniowe obciążenia ścian

**10.4.1** Wywołane przez środowisko morskie ciśnienie zewnętrzne  $p$  działające na nie osłonięte końcowe ściany nadbudówek i pokładówek oraz boczne ściany pokładówek należy określać według wymagań rozdziału 17.

**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:

$$p = 12,5 + 0,05L_0, \quad [\text{kPa}] \quad (10.4.2-1)$$

Ciśnienie  $p$  przyjmowane dla pozostałych kondygnacji powinno być nie mniejsze niż ciśnienie obliczone wg wzoru:

$$p = 6,25 + 0,025L_0, \quad [\text{kPa}]. \quad (10.4.2-2)$$

**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 – Wypożyczenie kadłubowe*.

**10.5.1.2** Konstrukcja nadburcia w zasadzie powinna być taka, aby nie brało ono udziału w ogólnym zginaniu kadłuba. Nadburcia będące przedłużeniem burty podlegają odrębnemu rozpatrzeniu przez PRS.

**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 wzorów:

$$t = 0,065L_0 + 1,75, \quad [\text{mm}] \quad \text{dla } L_0 \leq 60 \quad [\text{m}] \quad (10.5.2.1-1)$$

$$t = 0,025L_0 + 4,00, \quad [\text{mm}] \quad \text{dla } L_0 > 60 \quad [\text{m}] \quad (10.5.2.1-2)$$

Zastosowana grubość nadburcia powinna być nie mniejsza niż 3 mm, ale nie musi być większa niż 8 mm i większa niż wymagana grubość bocznych ścian nadbudówki.

**10.5.2.2** W razie zastosowania nadburcia o wysokości 1,8 m i większej grubość płyt powinna odpowiadać wymaganiom podanym w 10.3, dotyczącym bocznych ścian nadbudówki. Dla wysokości nadburcia większej niż przepisowa, lecz nie przekraczającej 1,8 m, grubości płyt można określać przez interpolację liniową.

**10.5.2.3** Grubość nadburcia nadbudów pierwszej kondygnacji 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 okrętu, w rejonie o współrzędnych  $x > 0,43L_0$ , odstęp między wspornikami należy zmniejszyć do 1,2 m. W rejonach o znacznym rozchyleniu burt odstęp między wspornikami 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 według wzoru:

$$b = (0,65L_0 + 190)\sqrt{s}, \quad [\text{mm}] \quad (10.5.5.1)$$

lecz nie musi przekraczać 360 mm.

$s$  – odstęp wsporników, [m]; w części dziobowej 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 wzmacniających 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 DZIOBNICA, WSPORNIKI STERÓW, DYSZE NIEOBROTOWE, WSPORNIKI WAŁÓW I TYLNICE

### 11.1 Zasady ogólne

#### 11.1.1 Zastosowanie

Wymagania niniejszego rozdziału dotyczą konstrukcji, kształtu i wymiarów dziobnicy, dysz nieobrotowych, wsporników sterów półpodwieszonych i wsporników wałów. Specjalne rozwiązania dziobnicy o ujemnym kącie natarcia oraz specyficznych rozwiązań elementów konstrukcji będą przedmiotem odrębnego rozpatrywania przez PRS.

#### 11.1.2 Wymagania ogólne

**11.1.2.1** Staliwne odlewy dziobnicy powinny mieć proste kształty i odpowiednio duże promienie odlewnicze.

**11.1.2.2** Konstrukcja spawana (odlew staliwny) dziobnicy 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 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 wodnicy konstrukcyjnej 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 odstępów węzłówek o 0,5 m można zmniejszyć grubość płyt dziobnicy o 20% w stosunku do grubości podanych poniżej, z tym jednak, że grubość ta powinna być nie mniejsza od grubości płyt poszycia kadłuba, przylegających do dziobnicy. 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 wodnicy konstrukcyjnej jest większy niż 200 mm, to w płaszczyźnie symetrii okrętu od stępki do poziomu  $0,15T$  ponad wodnicę konstrukcyjną 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 wodnicą konstrukcyjną, 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 więcej niż 100 mm.

Od poziomu wodnicy konstrukcyjnej 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 płyty o grubości nie mniejszej niż grubość obliczona wg wzoru:

$$t = 0,105L_0 + 4, \quad [\text{mm}] \quad (11.2.2.2)$$

lecz nie mniejszej niż 7 mm.

Przy  $\frac{T}{L_0} \geq 0,065$  wymaganą 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 wodnicy konstrukcyjnej grubość tych płyt może się stopniowo zmniejszać, dochodząc do grubości poszycia burt w końcowych częściach okrętu.

**11.2.2.3** Zaleca się, aby długość przekroju poprzecznego dziobnicy spawanej była nie mniejsza niż podwójna długość przekroju poprzecznego dziobnicy belkowej, obliczona wg 11.2.2.1.

### 11.2.3 Gruszka dziobowa

**11.2.3.1** Konstrukcję gruszki należy wzmocnić należycie 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 rozdziałów 6 i 7 w zakresie grubości poszycia dna i burt, grubość poszycia gruszki powinna być nie mniejsza niż grubość obliczona wg wzoru:

$$t = 0,08L_0 + 6, \quad [\text{mm}]. \quad (11.2.3.3)$$

**11.2.3.4** Kształt dziobowej części kadłuba powinien zapewniać możliwość swobodnego rzucenia kotwicy obok gruszki przy przechyle okrętu o  $5^\circ$  na przeciwną burtę. W rejonie, gdzie możliwe jest uderzenie kotwicą należy zastosować dodatkowe wzmocnienia.

### 11.3 Wspornik steru półpodwieszonoego

**11.3.1** Wspornik steru powinien być efektywnie związany z przyległą konstrukcją kadłuba.

**11.3.2** Wskaźnik wytrzymałości na zginanie poziomego przekroju wspornika steru obliczony względem wzdłużnej osi obojętnej powinien być nie mniejszy niż wskaźnik obliczony wg wzoru:

$$W = \frac{M}{67k}, \quad [\text{cm}^3] \quad (11.3.2-1)$$

$$M = Rz, \quad [\text{Nm}] \quad (11.3.2-2)$$

$$M_{\text{max}} = Rd, \quad [\text{Nm}] \quad (11.3.2-3)$$

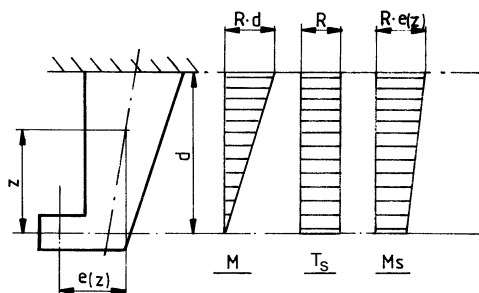
$$R = \frac{Fb}{l_2}, \quad [\text{N}] \quad (11.3.2-4)$$

$R$  – umowna wartość siły reakcji działającej w łożysku umiejscowionym w poziomym ramieniu wspornika steru, [N];

$F$  – umowna wartość siły działającej na płetwę steru, [N], określona w Części III – Wyposażenie kadłubowe;

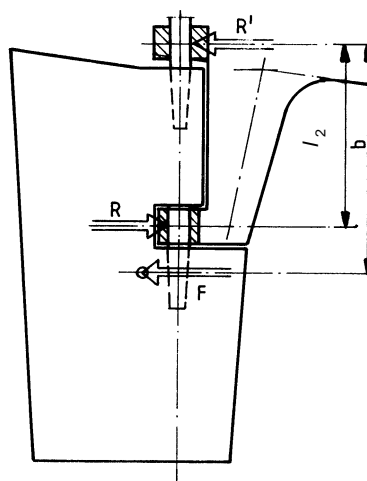
$z, d$  – patrz rys. 11.3.2-1;

$b, l_2$  – patrz rys. 11.3.2-2.



$M$  – moment zginający,  $T_s$  – siła ścinająca,  $M_s$  – moment skręcający

Rys. 11.3.2-1 Wspornik steru półpodwieszony



Rys. 11.3.2-2 Siły w sterze półpodwieszonym

**11.3.3** W żadnym miejscu wspornika steru naprężenia styczne nie mogą być większe niż:

$$\tau = 48k, \quad [\text{MPa}].$$

**11.3.4** W żadnym miejscu wspornika steru naprężenie zredukowane nie może przekroczyć wartości 120k, [MPa].

**11.3.5** Naprężenia należy obliczać wg wzorów:

$$\sigma_{zr} = \sqrt{\sigma_n^2 + 3(\tau_n^2 + \tau_s^2)}, \quad [\text{MPa}] \quad (11.3.5-1)$$

$$\sigma_n = \frac{M}{W}, \quad [\text{MPa}] \quad (11.3.5-2)$$

$$\tau_n = \frac{R}{100A_h}, \quad [\text{MPa}] \quad (11.3.5-3)$$

$$\tau_s = \frac{10M_s}{2A_s t_h}, \quad [\text{MPa}] \quad (11.3.5-4)$$

$$M_s = R \cdot e(z), \quad [\text{Nm}] \quad (11.3.5-5)$$

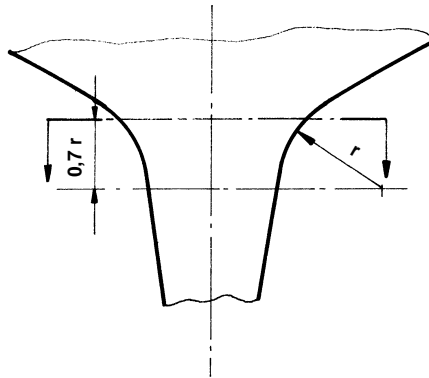
- $A_h$  – efektywny przekrój wspornika steru na ścinanie w kierunku osi  $y$ , [cm<sup>2</sup>];  
 $A_s$  – pole obszaru objętego liniami poprowadzonymi w połowie grubości ścianek tworzących największy zamknięty kontur na poziomym przekroju wysięgnika steru, [cm<sup>2</sup>];  
 $t_h$  – grubość najcieńszej ścianki konturu o polu  $A_s$ , [mm];  
 $\sigma_n$  – naprężenia normalne, [MPa];  
 $\sigma_{zr}$  – naprężenia zredukowane, [MPa];  
 $\tau_s$  – naprężenia od skręcania, [MPa];  
 $\tau_n$  – naprężenia od ścinania, [MPa];  
 $M_s$  – moment skręcający, [Nm];  
 $e(z)$  – patrz rys. 11.3.2-1.

Przy obliczaniu rzeczywistego wskaźnika przekroju wspornika steru można uwzględnić całkowite pole poziomego przekroju elementów wspornika.

**11.3.6** 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. 11.3.6) udział pionowych poprzecznych przegród konstrukcji wspornika we wskaźniku przekroju określonym według 11.3.2 powinien spełniać warunek:

$$W_p = \frac{\sum_{i=1}^n b_i^3 t_i}{6000 b_m} \geq 0,45W \quad (11.3.6)$$

- $n$  – 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 11.3.2.



Rys. 11.3.6 Strefa przejściowa wspornika steru i kadłuba

**11.3.7** Grubość poszycia wspornika steru powinna być nie mniejsza niż grubość obliczona wg wzoru:

$$t = 0,11 \frac{Fe}{nkA_s}, \quad [\text{mm}] \quad (11.3.7-1)$$

$$n = 0,02 \sqrt{4000 - 1500 \left( \frac{W}{W_o} \right)^2} \quad (11.3.7-2)$$

$F$  – patrz p.11.3.2.;

$e$  – pozioma odległość mierzona od osi czopu do geometrycznego środka powierzchni  $A_s$ , [m];

$A_s$  – patrz p. 11.3.5;

$W_0$  – wskaźnik wspornika steru w przekroju, w którym rozpoczyna się strefa przejściowa od poszycia wspornika do poszycia kadłuba (patrz rys. 11.3.6), [cm<sup>3</sup>];

$W$  – wskaźnik wspornika steru w tym samym przekroju, określony wg 11.3.2.

**11.3.8** Dolny koniec wspornika steru powinien być zamknięty przez poziomą płytę o grubości nie mniejszej niż grubość bocznego poszycia wspornika.

**11.3.9** Jeżeli stosuje się strefę przejściową od poszycia wspornika do poszycia kadłuba, to grubość poszycia w tej strefie powinna być nie mniejsza niż grubość obliczona wg wzoru:

$$t_c = \frac{0,15(s-40)}{r} \frac{W}{W_0}, \quad [\text{mm}] \quad (11.3.9)$$

$s$  – odstęp pionowych poprzecznych przegród wspornika, [mm];

$r$  – promień krzywizny strefy przejściowej, [mm];

$W_0, W$  – jak w 11.3.7.

**11.3.10** Całkowite pole powierzchni przekroju poziomego pionowych elementów wspornika steru przenoszących siły poprzeczne powinno być nie mniejsze niż pole obliczone wg wzoru:

$$A_w = c \frac{0,3F}{k} 10^{-3}, \quad [\text{cm}^2] \quad (11.3.10)$$

$c = 1 + \frac{(A + A_0)A_0}{A^2}$  – przy górnym końcu wspornika,

$c = 1$  – przy dolnym końcu wspornika;

$A$  – powierzchnia (rzut boczny) płetwy steru, [m<sup>2</sup>];

$A_0$  – powierzchnia (rzut boczny) wspornika, [m<sup>2</sup>];

$F$  – jak w 11.3.2.

**11.3.11** Grubość pionowych poprzecznych przegród we wsporniku znajdujących się w strefie przejściowej powinna być nie mniejsza niż:

$$t_r = \frac{bt_c}{r}, \quad [\text{mm}] \quad (11.3.11)$$

$b$  – szerokość zakrzywionej płyty poszycia kadłuba w strefie przejściowej, podpartej przez rozpa-trywaną przegrodę, [mm];

$t_c$  – grubość zakrzywionej płyty poszycia kadłuba w strefie przejściowej, podpartej przez rozpa-trywaną przegrodę, [mm];

$r$  – jak w 11.3.9.

**11.3.12** Jeżeli stosuje się bezpośrednią analizę naprężeń wspornika steru, to obliczenia należy wykonać metodą elementów skończonych.

Dopuszczalne wartości naprężeń wynoszą:

– naprężenia normalne:  $\sigma = 80k$ , [MPa];

– naprężenia styczne:  $\tau = 50k$ , [MPa];

– naprężenia zredukowane:  $\sigma_{zr} = 180k$ , [MPa];

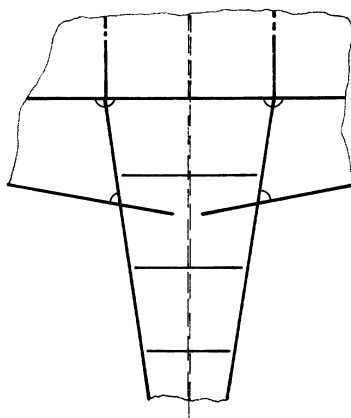
Dla rejonu zakrzywionego przejścia w konstrukcję kadłuba dopuszczalne naprężenia normalne i zredukowane mogą być zwiększone do:

$\sigma = 120k$ , [MPa];

$\sigma_{zr} = 180k$ , [MPa];

W przegrodach naprężenia normalne nie powinny przekraczać wartości  $\sigma = 130k$ , [MPa].

**11.3.13** Alternatywną konstrukcję wspornika steru złączonego z kadłubem bez stosowania strefy przejściowej podano na rys. 11.3.13.



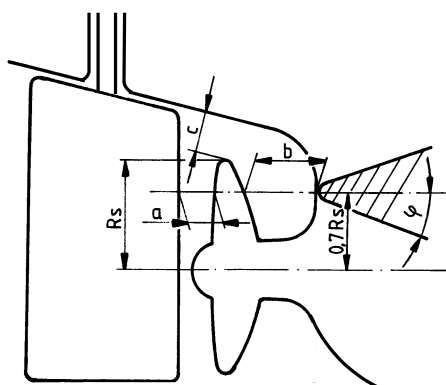
Rys. 11.3.13 Alternatywne rozwiązanie bez strefy przejściowej

#### 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 zalecane jest aby przyjmować podane niżej minimalne odległości (patrz rys. 11.4.2):

- okręty jednośrubowe:
    - $a \geq 0,2R_s$ , [m],
    - $b \geq (0,7 - 0,04Z_s)$ , [m],
    - $c \geq (0,48 - 0,02Z_s)R_s$ , [m],
  - okręty dwuśrubowe:
    - $c \geq (0,6 - 0,02Z_s)R_s$ , [m],
- $R_s$  - promień śruby, [m],  
 $Z_s$  - liczba skrzydeł śruby.



Rys. 11.4.2 Przeświet śruby

**11.4.3** Promień zakończenia  $r$  i kąt  $\varphi$  zejścia wodnicy przed śrubą powinny być jak najmniejsze. Należy unikać płaskich lub 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 nie przekraczającej 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 poniższych wzorów, przy czym:

- 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];

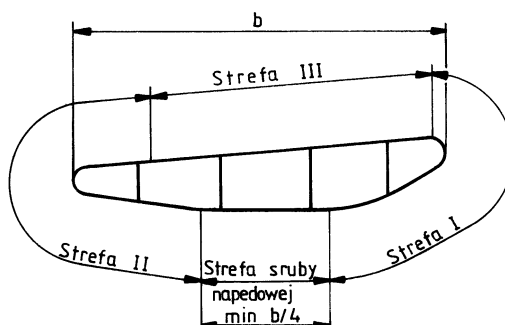
$d$  – średnica śruby, [m];

$p$  – 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];

$$A = \frac{\pi d^2}{4}, \quad [\text{m}^2] \quad (11.5.2.1-5)$$



Rys. 11.5.2.1 Przekrój wzdłużny pierścienia dyszy

**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 nie powinna być 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 co najmniej jedno wzmocnienie pierścieniowe (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 okrętach ze wzmocnieniami lodowymi poszycie dyszy powinno ponadto mieć grubość nie mniejszą niż wymagana grubość poszycia kadłuba w tej części okrętu.

### 11.5.3 Wskaźnik wytrzymałości przekroju wzdłużnego dyszy

Wskaźnik wytrzymałości przekroju wzdłużnego dyszy obliczony dla osi obojętnej równoległej do płaszczyzny symetrii okrętu powinien być nie mniejszy od wskaźników obliczonych 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 okrętu w węzłach; jeżeli okręt 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,

$$P = 20 \frac{D^2}{T^2} bL_0 \Theta_A, \quad [\text{kN}] \quad (11.5.3-3)$$

$\Theta_A$  – amplituda kiwania, wyrażona w radianach, wg 17.5.3.2;

$T$  – okres kiwania, [s], obliczany 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, jeżeli jest to możliwe, za pomocą spoiny ciągłej. 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 spoiną ciągłą.

### 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 okrętu, 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 niż 100 MPa.

## **11.6 Wsporniki wałów**

### **11.6.1 Wymagania ogólne**

**11.6.1.1** Wymagania podrozdziału 11.6 mają zastosowanie do konstrukcji podpierających wały poza obszarem kadłuba statku. Konstrukcje te mogą mieć formę pochwy wału (patrz 11.6.2) lub wsporników wałów (patrz 11.6.3 i 11.6.4).

Powyższe rozwiązania konstrukcyjne są typowe dla okrętów dwuśrubowych.

### **11.6.2 Pochwa wału śrubowego**

**11.6.2.1** Poszycie pochwy wału śrubowego powinno płynnie przechodzić w poszycie kadłuba.

Pochwa wału w części rufowej powinna być usztywniona za pomocą przegród poprzecznych usytuowanych w płaszczyznach wręgów – na każdym wręgu.

Przegrody powinny być usztywnione i połączone z dennikami kadłuba lub z odpowiednim systemem wiązarów kadłuba.

W dziobowej części pochwy przegrody powinny być zastosowane w odstępach nie większych niż dwa odstępy wręgowe.

**11.6.2.2** Pochwa wału śrubowego powinna być zakończona piastą w formie odlewu lub o konstrukcji prefabrykowanej, podpierającą łożysko wału. Konstrukcja piasty powinna być wystarczająco wytrzymała aby przenieść reakcję wału na konstrukcję kadłuba statku.

W przypadku okrętów z napędem o dużej mocy mogą być wymagane bezpośrednie obliczenia MES wytrzymałości pochwy wału i analiza drgań.

### **11.6.3 Konstrukcja i wytrzymałość wsporników wałów**

**11.6.3.1** Stopy wsporników wykonywanych w formie odlewów powinny mieć kształt, który zapewnia płynne przejście w kształt kadłuba. Ramiona wsporników powinny być wzmocnione żebrami.

**11.6.3.2** Wsporniki prefabrykowane powinny być konstruowane w taki sposób aby zminimalizować spiętrzenie naprężeń w rejonach karbów. Powinny one być połączone z dennikami kadłuba lub ze specjalnym systemem wiązarów kadłuba.

Ramiona powinny być spawane z pełnym przetopem do piast podpierających łożyska wału.

**11.6.3.3** Wymiary wsporników powinny zapewniać spełnienie wymagań podanych w 11.6.3.7 (wsporniki jednoramienne) lub w 11.6.3.8 i 11.6.3.9 (wsporniki dwuramienne).

W przypadku okrętów z napędem o dużej mocy mogą być wymagane bezpośrednie obliczenia wytrzymałościowe MES i analiza drgań.

**11.6.3.4** Wał napędowy nieosłonięty pochwą wału powinien być podparty w bezpośrednim sąsiedztwie śruby (pędnika) przez wspornik dwuramienny.

W przypadku małych okrętów może być zaakceptowane zastosowanie wspornika jednoramiennego.

**11.6.3.5** Ramiona wsporników powinny w sposób ciągły przechodzić przez poszycie kadłuba i łączyć się ze zgrubionymi dennikami lub specjalnymi wiązarami.

Poszycie kadłuba w rejonie ramion powinno być zgrubione i spawane z pełnym przetopem do ramion.

**11.6.3.6** Piasty wałów podpierane przez wsporniki, wykonane z materiału o tej samej wartości granicy wytrzymałości  $R_m$  jak wał napędowy, powinny mieć długość  $l_p$  i grubość  $t_p$  spełniające warunki:

$$l_p \geq 4d_w \quad (11.6.3.6-1)$$

$$t_p \geq 0,25d_w \quad (11.6.3.6-2)$$

gdzie:  $d_w$  – średnica wału śrubowego wymagana przez Część VII – Silniki, mechanizmy, kotły i zbiorniki ciśnieniowe, [mm].

Wymagane wartości  $l_p$  i  $t_p$  w przypadku piasty z materiałów o innych wartościach  $R_m$  należy każdorazowo uzgodnić z PRS.

**11.6.3.7** Wskaźnik wytrzymałości przekroju ramienia wspornika jednoramiennego usytuowanego w bezpośrednim sąsiedztwie śruby napędowej powinien mieć u nasady (przy poszyciu kadłuba) wartość nie mniejszą niż:

$$W_r = \frac{l_r \cdot d_w^2}{115R_m}, [\text{cm}^3] \quad (11.6.3.7)$$

gdzie:

$l_r$  – długość ramienia mierzona od osi wału śrubowego do powierzchni poszycia kadłuba, [mm];

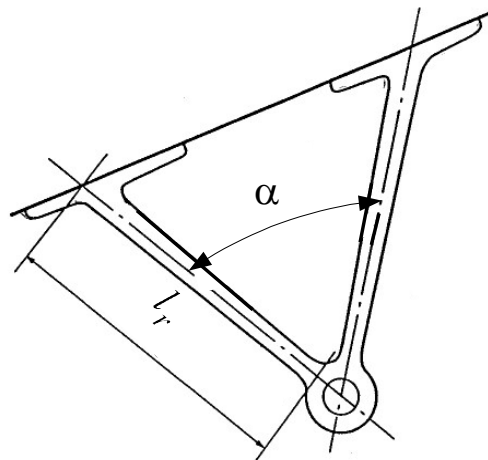
$d_w$  – jak w p. 11.6.3.6;

$R_m$  – granica wytrzymałości materiału, z którego wykonano ramię, [MPa].

Wymiary przekroju poprzecznego wspornika w miejscu połączenia z piastą powinny być nie mniejsze niż 60% wartości wymiarów wynikających ze wzoru 11.6.3.7.

**11.6.3.8** Kąt  $\alpha$  pomiędzy ramionami wsporników dwuramiennych (rys.11.6.3.8) powinien być nie mniejszy niż  $50^\circ$ .

W przypadku zastosowania  $\alpha < 50^\circ$  wymagane jest przedstawienie PRS obliczeń wytrzymałościowych wspornika, uzasadniających takie rozwiązanie konstrukcyjne.



Rys. 11.6.3.8 Wspornik dwuramienny

**11.6.3.9** Wskaźniki wytrzymałości przekrojów ramion wsporników dwuramiennych usytuowanych w bezpośrednim sąsiedztwie śruby powinny mieć wartości nie mniejsze niż:

$$W_r = 0,45c^3, \text{ [cm}^3\text{]} \quad (11.6.3.9-1)$$

gdzie:

$$c = d_w \sqrt{\frac{1}{5 \cdot R_m} \left( 1 + \sqrt{1 + \frac{R_m}{35000} \left( \frac{l_r}{d_w} \right)^2} \right)}$$

$d_w$  – jak w p. 11.6.3.6;

$R_m$  – granica wytrzymałości materiału wspornika, [MPa].

$l_r$  – długość krótszego ramienia, [mm] (patrz rys. 11.6.3.8).

#### 11.6.4 Pośrednie wsporniki wałów

Piasty wsporników wałów innych niż usytuowane w bezpośrednim sąsiedztwie śruby powinny mieć wymiary nie mniejsze niż wymagane w 11.6.3.6.

Wymiary ramion wsporników mniejsze od wymaganych w 11.6.3.7 i 11.6.3.9 podlegają każdorazowo odrębnemu rozpatrzeniu przez PRS.

#### 11.6.5 Połączenia śrubowe wsporników wałów z kadłubem

**11.6.5.1** Poszycie kadłuba w rejonie mocowania stóp wsporników powinno być zgrubione następująco:

- nie mniej niż o 50% w przypadku zastosowania wsporników dwuramiennych;
- nie mniej niż o 100% w przypadku zastosowania wsporników pojedynczych.

**11.6.5.2** Stopy wsporników powinny mieć zaokrąglone naroża. Powierzchnie przylgowe do kadłuba powinny być odpowiednio gładkie. Grubość stopy w miejscu usytuowania śrub mocujących powinna być nie mniejsza niż grubość piasty wymagana w 11.6.3.6.

**11.6.5.3** Stopy pośrednich wsporników wałów mogą być mocowane bezpośrednio do poszycia kadłuba, z zastosowaniem podkładek regulacyjnych uznanych wytwórców – w celu zapewnienia osiowości wału.

Zastosowanie podkładek z tworzyw sztucznych podlega odrębnemu rozpatrzeniu przez PRS.

**11.6.5.4** Stopy wsporników usytuowanych w bezpośrednim sąsiedztwie śrub napędowych powinny być mocowane za pośrednictwem podkładki stalowej o grubości nie mniejszej niż 15% grubości stopy i nie mniejszej niż 3 mm.

Śruby mocujące w takim przypadku powinny być trwale zamocowane do stóp.

**11.6.5.5** Nakrętki śrub mocujących stopy wsporników do kadłuba powinny być zabezpieczone przed poluzowaniem.

**11.6.5.6** Średnica śrub mocujących stopy wsporników do kadłuba nie powinna być mniejsza niż:

$$d = 60 \sqrt{\frac{W_r}{n \cdot u}} \cdot \sqrt{\frac{R_{ew}}{R_{es}}}, \text{ [mm]} \quad (11.6.5.6)$$

gdzie:

$W_r$  – wymagany wskaźnik przekroju ramienia wspornika, obliczany wg 11.6.3.7 lub 11.6.3.9;

$n$  – liczba śrub w rzędzie;

$u$  – odległość między rzędami śrub, [mm];

$R_{ew}$  – granica plastyczności materiału wspornika, [MPa];

$R_{es}$  – granica plastyczności materiału śrub, [MPa].

Rzeczywista średnica śrub powinna być nie mniejsza niż grubość stopy wspornika wymagana w 11.6.5.2.

## 11.7 Tylnice

### 11.7.1 Konstrukcja

**11.7.1.1** Tylnica powinna być efektywnie związana z przyległą konstrukcją kadłuba. W tym celu powinna być wzmocniona poprzecznymi węzłówkami (żebami).

**11.7.1.2** 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.

### 11.7.2 Wymiarowanie

**11.7.2.1** 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].

**11.7.2.2** Grubość piasty tylnicy powinna być nie mniejsza niż grubość obliczona wg wzoru:

$$t = 5\sqrt{d_p - 60}, \quad [\text{mm}] \quad (11.7.2.2)$$

$d_p$   $d_{srp}$  – przepisowa średnica wału śrubowego, [mm], obliczana według wymagań Części VI – *Urządzenia maszynowe i urządzenia chłodnicze*.

**11.7.2.3** Wymiary spawanego ramienia śrubowego powinny być nie mniejsze niż wymiary obliczone wg wzorów (patrz rys. 11.7.2.3):

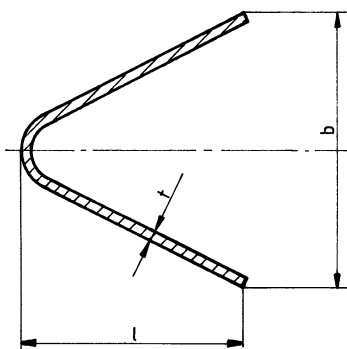
$$l = 53\sqrt{L_0}, \quad [\text{mm}] \quad (11.7.2.3-1)$$

$$b = 37\sqrt{L_0}, \quad [\text{mm}] \quad (11.7.2.3-2)$$

$$t = 2,4\sqrt{\frac{L_0}{k}}, \quad [\text{mm}] \quad (11.7.2.3-3)$$

Jeżeli przyjęty przekrój różni się od przekroju pokazanego na rys. 11.7.2.3, to wskaźnik przekroju względem osi wzdłużnej powinien być nie mniejszy niż wskaźnik obliczeniowy wg wzoru:

$$W_s = \frac{1,35L_0\sqrt{L_0}}{k}, \quad [\text{cm}^3] \quad (11.7.2.3-4)$$



Rys. 11.7.2.3 Ramię śrubowe tylnicy spawanej

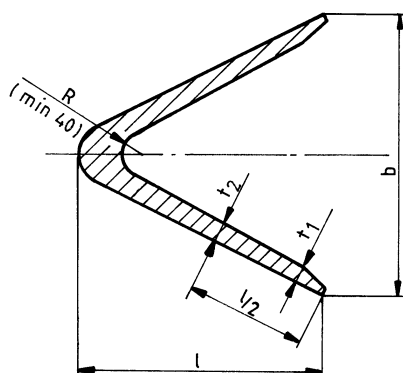
**11.7.2.4** Wymiary stalowego ramienia śrubowego powinny być nie mniejsze niż wymiary obliczone wg wzorów (patrz rys. 11.7.2.4):

$$l = 40\sqrt{L_0}, \quad [\text{mm}] \quad (11.7.2.4-1)$$

$$b = 30\sqrt{L_0}, \quad [\text{mm}] \quad (11.7.2.4-2)$$

$$t_1 = 3\sqrt{\frac{L_0}{k}}, \quad [\text{mm}] \quad (11.7.2.4-3)$$

$$t_2 = 3,7\sqrt{\frac{L_0}{k}}, \quad [\text{mm}] \quad (11.7.2.4-4)$$



Rys. 11.7.2.4 Ramię śrubowe tylnicy stalowej

Jeżeli przyjęty przekrój różni się od przekroju pokazanego na rys. 11.7.2.4, to wskaźnik przekroju względem osi wzdłużnej powinien być nie mniejszy niż wskaźnik obliczony wg wzoru:

$$W_s = \frac{1,3L_0\sqrt{L_0}}{k}, \quad [\text{cm}^3] \quad (11.7.2.4-5)$$

Przy wyznaczaniu wskaźnika przekroju ramienia śrubowego można uwzględnić przyległe pozycje o szerokości do  $53\sqrt{L_0}$ , [mm], mierząc od rufowej krawędzi ramienia śrubowego. Dotyczy to również spawanego ramienia śrubowego.

## 12 FUNDAMENTY

### 12.1 Zasady ogólne

#### 12.1.1 Zastosowanie

Wymagania niniejszego rozdziału dotyczą konstrukcji fundamentów silników głównych i kotłów oraz mechanizmów pokładowych, ładunkowych, pomocniczych i innych.

Wymagania dla fundamentów uzbrojenia i wyposażenia specjalnego podano w p. C/5.6.

#### 12.1.2 Wymagania ogólne

**12.1.2.1** Fundamenty wszelkich maszyn, urządzeń i elementów wyposażenia okrętu powinny spełniać funkcje, takie jak:

- przenoszenie na konstrukcję kadłuba okrętu obciążeń wynikających z funkcjonowania tych maszyn/urządzeń i z ruchów okrętu wywołanych falowaniem wody;
- łagodzenie obciążeń udarowych i amplitud drgań konstrukcji kadłuba okrętu, w rejonie posadowienia maszyn/urządzeń;
- redukcowanie poziomu hałasu związanego z funkcjonowaniem maszyn/urządzeń;
- zmniejszenie obciążenia maszyn/urządzeń wskutek wybuchów podwodnych w pobliżu okrętu.

**12.1.2.2** Fundamenty powinny być tak skonstruowane, że częstotści ich drgań własnych różnią się wystarczająco od częstotści wymuszeń pochodzących od posadowionych na nich maszynach/urządzeniach.

Konieczność wykonania analizy drgań własnych konstrukcji fundamentów i zastosowana metoda obliczeń będą ustalone przez PRS po odrębnej analizie problemu.

Dodatkowe wymagania podano w p. 12.1.3.

Celowe może być zastosowanie pośredniej ramy fundamentowej połączonej systemem amortyzatorów z maszyną/urządzeniem i właściwym fundamentem – w celu zmniejszenia obciążeń od wybuchu podwodnego lub poziomu generowanego hałasu.

#### 12.1.3 Metody obliczeń i podstawowe wymagania

**12.1.3.1** Celem obliczeń jest sprawdzenie, czy konstrukcja fundamentu spełnia wymagania dotyczące sztywności, określone przez producenta maszyny/urządzenia.

W przypadku fundamentów silników napędu głównego obowiązują kryteria określone w p. 12.2.8.

Model obliczeniowy powinien uwzględniać konstrukcję fundamentu i odpowiednio rozległy fragment konstrukcji kadłuba, w sąsiedztwie fundamentu.

Na ogół wystarczające jest wykonanie analizy statycznej sztywności konstrukcji fundamentu. PRS może jednak wymagać analizy dynamiki – po odrębnej analizie problemu.

**12.1.3.2** W przypadku fundamentów usytuowanych w rejonach, gdzie występują znaczące wartości naprężeń od zginania ogólnego kadłuba statku należy zapewnić wystarczającą trwałość zmęczeniową ich konstrukcji.

### 12.2 Fundamenty silników i urządzeń napędu głównego

**12.2.1** Wymagania niniejszego podrozdziału mają zastosowanie do fundamentów silników wysokoprężnych, przekładni i turbin.

**12.2.2** Fundament powinien w zasadzie składać się z wzdłużnych, pionowych środków oraz poziomych płyt fundamentowych, przeznaczonych do mocowania do nich silników, przekładni lub turbin – bezpośrednio lub za pośrednictwem ram fundamentowych. Środki i poziome płyty fundamentowe powinny być, w miarę potrzeby, usztywnione za pomocą węzłówek lub wsporników.



**12.2.3** 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.

**12.2.4** Jeżeli wzdłużnik boczny dna pojedynczego stanowi zarazem średnik fundamentu, to jego grubość powinna być nie mniejsza niż wymagana grubość fundamentu i wzdłużnika środkowego. Wysokość denników powinna być zwiększona odpowiednio do konstrukcji fundamentów. Wysokość dennika pomiędzy wzdłużnymi wiązaniami fundamentu powinna być nie mniejsza niż 0,65 wysokości wymaganej w płaszczyźnie symetrii.

**12.2.5** 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 średnika 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 dla silników o małej mocy i wymaga uzgodnienia z PRS.

Płyta fundamentowa powinna być w każdym przypadku wzmocniona na całej swej długości poprzecznymi węzłówkami, umieszczonymi między sąsiednimi śrubami, w równych odległościach od ich osi.

**12.2.6** Grubości podstawowych elementów konstrukcji w zasadzie nie powinny być mniejsze od określonych w niniejszym punkcie, w zależności od masy lub mocy silnika, przekładni lub turbiny, o ile bezpośrednio obliczenia sztywności określone w p. 12.1.3 lub drgań, określone w p. 12.1.2.2, nie wykażą, że można zastosować grubości mniejsze.

Grubość  $t$  elementów konstrukcji fundamentu powinna być nie mniejsza niż grubość obliczona wg wzorów:

- dla silnika wolnoobrotowego, przekładni lub turbiny napędowej (wyszczególnionych w tabeli 12.2.6):

$$t = c_1 \sqrt[3]{M} + t_m, \quad [\text{mm}] \quad (12.2.6-1)$$

$M$  – masa silnika, przekładni lub turbiny 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 <sup>1)</sup>	węzłówki, w tym wspornikowe <sup>2)</sup>
Główny silnik napędowy (spalinowy)	4,65	3,00	2,50
Turbiny napędowe, silniki elektryczne, przekładnie	4,15	2,70	2,70

<sup>1)</sup> W konstrukcji fundamentu mającego dwa średniki z każdej strony silnika, grubość zewnętrznych średników można przyjmować jako równą grubości węzłówek.

<sup>2)</sup> Węzłówki wspornikowe – węzłówki trapezowe, których trzy krawędzie są przyłączone do elementów konstrukcji fundamentu.

– dla silnika średnioobrotowego:

$$t = c_2 \sqrt[3]{N}, \quad [\text{mm}] \quad (12.2.6-2)$$

$c_2 = 2,3$  dla poziomej płyty fundamentowej,

$c_2 = 1,6$  dla wewnętrznego średnika fundamentu,

$c_2 = 1,3$  dla zewnętrznego średnika, wsporników i węzłówek;

$N$  – nominalna moc silnika, [kW].

W przypadku stosowania pod silnik metalowych podkładek, nie posiadających możliwości regulacji, powinno zwiększać się grubość poziomej ławy fundamentowej o dodatkowy naddatek na jej obróbkę dla uzyskania właściwego połączenia elementów układu napędowego (inne rozwiązania będą przedmiotem odrębnego rozpatrzenia przez PRS).

Wymiary elementów konstrukcyjnych fundamentów silników wysokoobrotowych podlegają każdorazowo odrębnemu rozpatrzeniu przez PRS.

W przypadku tego typu silników posadowionych elastycznie grubości elementów konstrukcji określone wg wzoru 12.2.6-2 mogą być zmniejszone o nie więcej niż 30% – o ile obliczenia bezpośrednie wg wymagań p. 12.1.3 i 12.1.2.2 nie uzasadnią możliwości zastosowania mniejszych wartości grubości.

**12.2.7** Grubość ław fundamentowych nie powinna być mniejsza niż 90% średnic śrub mocujących silnik przekładni lub turbiny do fundamentu.

Odległość osi powyższych śrub od krawędzi wzdłużników fundamentu powinna w zasadzie być nie większa od 3-krotności średnic śrub.

W przypadku większych odległości od określonych wyżej należy odpowiednio zwiększyć grubość ław – aby zapewnić równoważną sztywność ław.

## 12.2.8 Kryteria sztywności fundamentu

**12.2.8.1** Konstrukcja fundamentu powinna spełniać wymagania producenta silnika dotyczące sztywności posadowienia silnika – o ile takie wymagania są określone. W przeciwnym wypadku należy spełnić wymagania p. 12.2.8.3.

**12.2.8.2** Model obliczeniowy do określania sztywności fundamentów w kierunku pionowym powinien uwzględniać elementy konstrukcji fundamentu i odpowiednio duży fragment konstrukcji dna (lub pokładu), burt i grodzi okrętu, a także korpus silnika. Zalecane jest zastosowanie modelu MES konstrukcji.

Obliczenia należy wykonać dla takich kombinacji obciążeń obliczeniowych, które powodują:

- wygięcie fundamentu,
- ugięcie fundamentu.

Wymagane jest uwzględnienie odkształceń konstrukcji od zginania ogólnego kadłuba okrętu.

**12.2.8.3** Odkształcenia w kierunku pionowym fundamentu, na długości silnika posadowionego sztywno na fundamencie, powinny spełniać warunki:

$$\Delta u = u_g + u_d \leq 0,1 \cdot l_s, \quad [\text{mm}] \quad (12.2.8.3-1)$$

$$u_g \leq 0,7 \Delta u \quad (12.2.8.3-2)$$

$$u_d \leq 0,7 \Delta u \quad (12.2.8.3-3)$$

gdzie:

$u_g$  – odkształcenie w wariancie obciążenia powodującym wygięcie fundamentu, [mm];

$u_d$  – odkształcenie w wariancie obciążenia powodującym ugięcie fundamentu, [mm];

$l_s$  – długość silnika, [m].

W przypadku silników posadowionych elastycznie dopuszczalna wartość  $\Delta u$  jest 2 razy większa od określonej wg wzoru 12.2.8.3-1.

### 12.3 Fundamenty pędników azymutalnych

#### 12.3.1 Wymagania ogólne

**12.3.1.1** Pomieszczenie okrętu, w którym pędnik azymutalny jest zamocowany do kadłuba powinno być oddzielone grodziami poprzecznymi od innych pomieszczeń. Zalecane jest także zastosowanie grodzi wzdłużnych zmniejszających objętość tego pomieszczenia. Należy zapewnić wodoszczelny właz do tego pomieszczenia umieszczony w pokładzie.

**12.3.1.2** Główne łożysko pędnika powinno być efektywnie podparte przez system wiązarów o odpowiedniej sztywności, przekazujących obciążenie od pędnika na konstrukcję kadłuba.

**12.3.1.3** Sztywność konstrukcji kadłuba okrętu w rejonie przedziału pędnika powinna być wystarczająco duża – aby spełnić wymagania producenta pędnika dotyczące tolerancji kształtu fundamentu, z uwzględnieniem sprężystych odkształceń konstrukcji.

Sztywność ta oraz wytrzymałość konstrukcji fundamentu powinny być zweryfikowane poprzez bezpośrednie obliczenia MES, wg wymagań p. 12.3.2 i 12.3.3.

**12.3.1.4** W przedziale pędnika powinno być zastosowane dno podwójne – jeżeli jego zastosowanie jest możliwe.

Kołnierz fundamentu bezpośrednio podpierający główne łożysko pędnika powinien być posadowiony na rurze o osi pionowej wmontowanej w konstrukcję dna. Rura ta powinna być podparta przez system rozłożonych promieniowo wiązarów, które na swych drugich końcach trafiają na poprzeczne lub wzdłużne wiązary dna.

Alternatywne konfiguracje fundamentu będą rozpatrywane przez PRS odrębnie.

**12.3.1.5** Rura fundamentowa wymieniona w p. 12.3.1.4 powinna mieć grubość nie mniejszą od wymaganej minimalnej grubości poszycia dna w tym rejonie.

Grubości poszycia dna i dna wewnętrznego w rejonie rozłożonych promieniowo wiązarów (patrz p. 12.3.1.4) powinny być nie mniejsze niż 150% minimalnych grubości poszycia dna wewnętrznego wymaganych w tym rejonie i nie mniejsze od grubości zastosowanych poza tym rejonem.

**12.3.1.6** Rura fundamentowa wymieniona w p. 12.3.1.4 powinna być spawana do otaczających ją elementów konstrukcji na pełny przetop.

#### 12.3.2 Obciążenia obliczeniowe

**12.3.2.1** W analizie wytrzymałości fundamentu należy uwzględnić następujące składniki obciążenia:

- maksymalne wartości sił i momentów oddziaływania pędnika na fundament w wielu charakterystycznych położeniach jego osi względem  $PS$  kadłuba;
- ciężar własny konstrukcji i siły bezwładności od przyspieszeń ruchów kadłuba okrętu;
- ciśnienia zewnętrzne wody (statyczne plus dynamiczne).

#### 12.3.3 Model obliczeniowy

**12.3.3.1** Zasięg modelu MES określono w p. 12.2.8.2, a obciążenie – w p. 12.3.2.

Podział konstrukcji na powłokowe, belkowe i prętowe elementy skończone powinien spełniać wymagania określone w p. 14.4. Wartość naprężeń dopuszczalnych określono w p. 12.3.3.2.

**12.3.3.2** Wartości naprężeń dopuszczalnych są takie, jak podano w p. 14.5 i p. 14.7.5.

## 12.4 Fundamenty pędników strugowodnych

**12.4.1** Napęd strugowodny umieszczony na rufie okrętu zasysa wodę spod dna do specjalnego tunelu śrubą, wirnikiem lub turbiną a następnie wyrzuca ją w kierunku przeciwnym do ruchu okrętu.

Kierunek wody wypływającej z dyszy regulowany jest za pomocą zastawek lub dyszy sterujących.

Zwykle pędnik strugowodny stanowi zwarty zespół z łożyskiem oporowym i blokiem wlotowym pełniącym również rolę fundamentu. W niektórych rozwiązaniach łożysko oporowe znajduje się poza zespołem pędnika, a blok wlotowy może nie stanowić przedmiotu dostawy producenta pędnika. W czasie montażu, w pierwszej kolejności, blok wlotowy łączony jest z konstrukcją dna, a następnie na nim jest montowany zespół pędnika. Przy projektowaniu połączenia bloku wlotowego z konstrukcją dna należy uwzględnić siły i momenty przenoszone z pędnika na konstrukcję bloku. W przypadku zintegrowania zespołu pędnika z łożyskiem oporowym, siły i momenty oddziaływania pędnika są w całości przenoszone na blok wlotowy. Należy również uwzględnić siły bezwładności przyspieszeń od ruchów kadłuba okrętu.

## 12.5 Fundamenty silników urządzeń pomocniczych

**12.5.1** Zastosowanie mają wymagania w zakresie wynikającym z wielkości silników i miejsca ich usytuowania na okręcie oraz ogólne wymagania określone w p. 12.1.2, 12.1.3 i 12.2.6.

**12.5.2** Grubości podstawowych elementów konstrukcji fundamentu w zasadzie nie powinny być mniejsze od określonych w p. 12.2.6, przyjmując wartości współczynnika  $c_1$  takie jak podano w tabeli 12.2.6 dla turbin napędowych, silników elektrycznych i przekładni.

Odstępstwo od tego wymagania jest możliwe na zasadach określonych w p. 12.2.6.

## 12.6 Fundamenty urządzeń pokładowych i cumowniczych

**12.6.1** Przy projektowaniu fundamentów urządzeń pokładowych, takich jak wciągarki kotwiczne, wciągarki cumownicze, żurawiki szalup ratunkowych, itp. należy uwzględnić najbardziej niekorzystne przypadki obciążeń wynikające z chwilowej konfiguracji łańcuchów, lin, wychyleń.

**12.6.2** W przypadku wciągarek kotwicznych i stoperów łańcuchów należy uwzględnić obciążenie od siły w łańcuchu o wartości równej sile zrywającej łańcuch. Wówczas dopuszcza się lokalne wartości naprężeń zredukowanych w fundamencie równe granicy plastyczności materiału.

**12.6.3** W normalnych warunkach eksploatacji należy przyjmować wartości naprężeń dopuszczalnych w analizie MES fundamentów, takie jak określono w p. 12.3.3.2.

## 12.7 Fundamenty uzbrojenia i wyposażenia specjalnego

### 12.7.1 Typy fundamentów

Okręty są często wyposażone w elementy uzbrojenia lub urządzeń elektronicznych w formie standardowych modułów umieszczonych w specjalnym kontenerze lub na palecie.

Kontener, moduł lub paleta mogą być ustawione na pokładzie lub mocowane do pokładu za pośrednictwem specjalnego kołnierza, połączonego ze zrębnicą w pokładzie.

Kontener, moduł lub paleta ma wytrzymałość odpowiednią do przenoszenia obciążenia od zainstalowanych w nich urządzeń.

### 12.7.2 Fundamenty uzbrojenia

Standardowe moduły uzbrojenia (w formie specjalnych modułów, kontenerów lub palet) są zazwyczaj mocowane poprzez ramy względnie płyty montażowe w swych górnych częściach do specjalnego pośredniego rusztu, który spoczywa na zrębnicy luku.

Zalecane jest wypełnienie żywicą o odpowiedniej elastyczności i wytrzymałości szczeliny pomiędzy tym rusztem a zrębnicą luku, względnie innymi materiałami zalecanymi przez dostawcę wyposażenia – w celu jak najbardziej równomiernego obciążenia zrębownicy. Moduły uzbrojenia zazwyczaj są mocowane do pośredniego rusztu za pośrednictwem śrub.

Pośredni ruszt jest mocowany do zrębownicy luku także za pośrednictwem specjalnych śrub.

### **12.7.3 Fundamenty wyposażenia specjalnego**

Kontenery, moduły lub palety ze specjalnym wyposażeniem (elektronicznym) są zazwyczaj montowane do pośredniego rusztu, który jest elastycznie posadowiony na pokładzie okrętu – w celu zapewnienia odpowiedniej odporności na wybuchy podwodne.

### **12.7.4 Wytrzymałość kadłuba okrętu w rejonie posadowienia uzbrojenia i wyposażenia specjalnego**

**12.7.4.1** Konstrukcja kadłuba okrętu i fundamentów powinna spełniać wymagania wytrzymałościowe w warunkach normalnej eksploatacji okrętu (warunki marszowe) określone w rozdziale 13, 14 i 16.

**12.7.4.2** W warunkach bojowych, gdzie występują obciążenia od broni masowego rażenia, od wybuchów podwodnych lub od użycia uzbrojenia, należy spełnić wymagania wytrzymałościowe określone w rozdziałach 3 do 5 części C.

## **12.8 Fundamenty urządzeń dźwignicowych**

**12.8.1** Poszycie i konstrukcja pokładu powinny zapewnić właściwe podparcie masztów i cokołów urządzeń dźwignicowych. W przypadku przejścia cokołu/masztu przez pokład, należy poszycie i konstrukcję pokładu odpowiednio wzmocnić, należy przy tym zapewnić ciągłość konstrukcji pokładu.

**12.8.2** W przypadku gdy cokół/maszt jest połączony z pokładem bez użycia węzłówek zamontowanych na pokładzie, należy przewidzieć odpowiednią konstrukcję pokładową, usytuowaną dokładnie w linii cokołu/masztu, zapewniającą właściwe przekazanie obciążenia w konstrukcję pokładu. Spawanie do pokładu cokołu/masztu oraz konstrukcji podpierającej należy wykonać z pełnym przetopem.

**12.8.3** W przypadku gdy cokół/maszt jest połączony z pokładem z użyciem węzłówek zamontowanych na pokładzie, należy zastosować pod pokładem konstrukcję podpierającą, która zapewni właściwe przekazanie obciążeń, bez tworzenia punktów koncentracji naprężeń. Węzłówki na pokładzie należy umieścić w linii wiązarów pokładu. Spawanie konstrukcji należy wykonać z pełnym przetopem.

**12.8.4** W przypadku masztów/cokołów urządzeń dźwignicowych o dużym udźwigu należy zapewnić ich podparcie przez dwa lub więcej pokładów. Konstrukcja podpierająca, rozciągająca się do pokładu(ów) położonych poniżej powinna zachować ciągłość z konstrukcją cokołu/masztu.

**12.8.5** W miejscu przejścia lub mocowania cokołu/masztu do pokładu należy przewidzieć odpowiednie zwiększenia grubości pokładu.

**12.8.6** Wytrzymałość cokołu oraz konstrukcji podpierającej należy obliczyć wychodząc od obciążeń roboczych pomnożonych przez współczynniki obciążeń dynamicznych i współczynnik bezpieczeństwa przewidziane dla danego urządzenia dźwignicowego. Należy również uwzględnić obciążenie wynikające z wychyleń okrętu a także obciążenia wiatrem i lodem. W analizie MES fundamentów należy przyjmować wartości naprężeń dopuszczalnych, takie jak określono w p. 14.5.



## 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, bez uwzględniania obciążeń rozważanych w części C.

**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, [cm<sup>2</sup>];  
 $A_s$  – wymagane pole powierzchni poprzecznego przekroju środka, [cm<sup>2</sup>];  
 $b$  – szerokość pasa poszycia podpartego przez rozpatrywany wiązar lub usztywnienie, [m];  
 $b_m$  – szerokość mocnika, [mm];  
 $f = \frac{5,7(M_s + M_w)}{W_1}$  (13.1.2)  
 $h_s$  – wysokość środka, [mm];  
 $l$  – rozpiętość usztywnienia lub wiaru zwykłego, określona zgodnie z 3.2.1, [m];  
 $L_1 = L_0$ , 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 17), [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 wiaru, [mm]; w przypadku płaskownika łebkowego należy przyjmować średnią grubość łba;  
 $t_s$  – grubość środka, [mm];  
 $W$  – wymagany wskaźnik przekroju usztywnienia lub wiaru, [cm<sup>3</sup>];  
 $W_1$  – najmniejszy rzeczywisty wskaźnik przekroju kadłuba w środkowej części okrętu, określany według 15.7, [cm<sup>3</sup>]. 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 dla wskaźnika przekroju (patrz 13.5.2.5);  
 $z_\alpha$  – 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 do linii pokładu, w zależności od tego, która z nich ma zastosowanie, [m];  
 $\sigma$  – dopuszczalne naprężenie normalne, [MPa];  
 $\sigma_c$  – normalne naprężenie krytyczne, [MPa];  
 $\sigma_E$  – teoretyczne normalne naprężenie krytyczne (eulerowskie), [MPa];

- $\tau$  – dopuszczalne naprężenie styczne, [MPa];  
 $\tau_c$  – styczne naprężenie krytyczne, [MPa];  
 $\tau_E$  – teoretyczne styczne naprężenie krytyczne, [MPa].

### 13.1.3 Określenia

Punkt przyłożenia obciążenia obliczeniowego – punkt, w którym należy określić ciśnienie obliczeniowe według wymagań rozdziału 17.

Położenie punktu przyłożenia obciążenia należy określić następująco:

- dla płyt usztywnionych poziomo: w środku geometrycznym nie usztywnionego pola;
- dla płyt usztywnionych pionowo: na dolnej krawędzi płyty, jeżeli krawędź ta jest nie podparta (np. przy zmianie grubości poszycia) oraz powyżej dolnej krawędzi płyty, w odległości równej połowie odstępu usztywnień, 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 przyjąć wartość większą;
- dla wiązarów: w geometrycznym środku powierzchni podpartej przez wiązar.

## 13.2 Konstrukcyjne grubości minimalne

### 13.2.1 Wymagania ogólne

Grubości elementów konstrukcyjnych kadłuba powinny być nie mniejsze niż grubości obliczone wg wzoru:

$$t = t_0 + \frac{k_1 L_0}{\sqrt{k}} + t_k, \quad [\text{mm}] \quad (13.2.1)$$

$t_0, k_1$  – 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).

### 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 w przestrzeniach magazynowych, jeżeli w tym rejonie nie zastosowano pokrycia dna drewnem lub innymi uznanymi materiałami,

$t_0 = 6,0$  – w pozostałych rejonach dna wewnętrznego nie mającego 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:

$t_0 = 6,0$ ;

$k_1 = 0,04$  – dla dennego wzdłużnika środkowego w rejonie  $z \leq 2,0$  m,

$k_1 = 0,02$  – dla dennego wzdłużnika środkowego w rejonie  $z > 2,0$  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:

$t_0 = 5,0$ ;

$k_1 = 0,03$  – w zbiorniku skrajnikowym,

$k_1 = 0,02$  – w pozostałych przypadkach.



### 13.2.3 Konstrukcja burt

#### 13.2.3.1 Poszycie burt:

$$t_0 = 5,0;$$

$k_1 = 0,04$  – w rejonie  $z \leq z_0$ , gdzie  $z_0 = T + 4,6$  m; w rejonie  $z > z_0$  wartość  $k_1$  może być obniżona o 0,01 na każde 2,3 m przyrostu współrzędnej  $z$ , przy czym  $k_1 \geq 0,01$ ,

$k_1 = 0,06$  – dla poszycia łączonego z tylnicą.

#### 13.2.3.2 Środniki i mocniki burtowych wręgów wzdłużnych i poprzecznych:

$$t_0 = 5,0;$$

$k_1 = 0,02$  – dla wręgów w zbiornikach skrajnikowych,

$k_1 = 0,01$  – w pozostałych rejonach.

#### 13.2.3.3 Wiązary: mocniki, środniki i ich usztywnienia oraz węzłówki:

$$t_0 = 5,0;$$

$k_1 = 0,03$  – w zbiornikach skrajnikowych,

$k_1 = 0,02$  – w zbiornikach balastowych i ładunkowych,

$k_1 = 0,01$  – w pozostałych rejonach.

### 13.2.4 Konstrukcja pokładów

#### 13.2.4.1 Poszycie pokładu wytrzymałościowego:

$t_0 = 5,5$  – dla pokładu otwartego lub w przestrzeniach magazynowych, nie pokrytych drewnem lub innymi uznanymi materiałami,

$t_0 = 5,0$  – dla pokładu otwartego lub w przestrzeniach magazynowych, w rejonach, gdzie zastosowano pokrycie oraz w rejonie pomieszczeń służbowych i załogowych;

$k_1 = 0,02$  – dla okrętów jednopokładowych,

$k_1 = 0,01$  – dla okrętów mających w rejonie  $z > 0,7H$  dwa pokłady ciągłe,

$k_1 = 0,01$  – dla pokładu otwartego w rejonie  $x \geq 0,3 L_0$  (wartość min.),

$k_1 = 0,00$  – dla okrętów mających w rejonie  $z > 0,7H$  więcej niż dwa pokłady ciągłe.

#### 13.2.4.2 Poszycie pokładów znajdujących się ponad lub poniżej pokładu wytrzymałościowego:

$t_0$  – jak podano wyżej dla pokładu wytrzymałościowego;

$k_1 = 0,01$  – dla pokładu znajdującego się w rejonie  $z > 0,7H$  na okręcie o dwu pokładach ciągłych, spełniających warunek  $z > 0,7H$ ,

$k_1 = 0,01$  – dla pokładu pierwszej kondygnacji nadbudówki lub pokładówki na okręcie jednopokładowym, jeżeli jej część znajdująca się w środkowej części okrętu ( $-0,2 L_0 \leq x \leq 0,2 L_0$ ) ma długość większą niż  $0,2 L_0$ ,

$k_1 = 0,00$  – 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 zbiornikach skrajnikowych,

$k_1 = 0,01$  – w pozostałych rejonach.

**13.2.5.2** Środniki i mocniki wzdłużnych, pionowych i poprzecznych usztywnień grodzi zbiorników balastu wodnego i zapasów, 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** Sprawdzeniu w zakresie zachowania stateczności w warunkach jednokierunkowego ściskania podlegają płyty poszycia oraz usztywnienia wzdłużne dna zewnętrznego, dna wewnętrznego, burt, pokładu wytrzymałościowego i grodzi wzdłużnych, biorące udział w wytrzymałości wzdłużnej okrętu i znajdujące się w środkowej części okrętu.

**13.3.1.2** W rejonach przejściowych pomiędzy środkową częścią okrętu a częściami skrajnymi stateczność wiązań wymienionych w 13.3.1.1 na ogół nie podlega sprawdzeniu. Takie sprawdzenie może być jednak wymagane w przypadku występowania nieciągłości konstrukcji w tych rejonach, nierównomiernego po długości rozłożenia ciężaru zapasów, balastu lub wyposażenia, a także występowania dużego rozchylenia burt w dziobowej części okrętu.

**13.3.1.3** Na okrętach, których kadłuby przenoszą znaczne siły tnące, płyty poszycia burt i grodzi wzdłużnych biorących udział w wytrzymałości wzdłużnej podlegają sprawdzeniu w zakresie stateczności w warunkach czystego ścinania.

**13.3.1.4** 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.

**13.3.1.5** Wymagany zakres sprawdzenia stateczności elementów konstrukcyjnych nie wymienionych 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:

$$\sigma_c \geq c\sigma \quad (13.3.2.1)$$

$\sigma_c$  – naprężenie krytyczne określone według 13.3.2.2, z uwzględnieniem ostatecznie przyjętych wymiarów rozpatrywanego wiązania, [MPa];

$\sigma$  – obliczeniowe naprężenie ściskające określone 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:

$$\sigma_c = \sigma_E, \quad [\text{MPa}], \quad \text{jeżeli} \quad \sigma_E \leq \frac{R_e}{2}, \quad (13.3.2.2-1)$$

$$\sigma_c = R_e \left( 1 - \frac{R_e}{4\sigma_E} \right), \quad [\text{MPa}], \quad \text{jeżeli} \quad \sigma_E > \frac{R_e}{2} \quad (13.3.2.2-2)$$

$\sigma_E$  – 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:

$$\tau_c \geq \tau_r \quad (13.3.2.3)$$

$\tau_c$  – krytyczne naprężenie styczne pola płytowego, określone według 13.3.2.4, [MPa];

$\tau_r$  – obliczeniowe naprężenie styczne działające w płycie, określone według 13.3.2.8, [MPa].

**13.3.2.4** Naprężenie krytyczne  $\tau_c$  w warunkach czystego ścinania w odniesieniu do rozpatrywanego pola płytowego należy określić wg wzoru:

$$\tau_c = \tau_E, \quad [\text{MPa}] \quad \text{jeżeli} \quad \tau_E \leq 0,5 \tau_{pl} \quad (13.3.2.4-1)$$

$$\tau_c = \tau_{pl} \left( 1 - \frac{\tau_{pl}}{4\tau_E} \right), \quad [\text{MPa}] \quad \text{jeżeli} \quad \tau_E > 0,5 \tau_{pl} \quad (13.3.2.4-2)$$

$$\tau_{pl} = \frac{R_e}{\sqrt{3}}, \quad [\text{MPa}] \quad (13.3.2.4-3)$$

$\tau_E$  – 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:

$$\sigma_{zc} \geq \sigma_{zr}$$

$\sigma_{zc}$  – krytyczna wartość naprężeń zastępczych obliczana wg 13.3.2.6, [MPa],

$\sigma_{zr}$  – obliczeniowa wartość naprężeń zastępczych, obliczona wg 13.3.2.9, [MPa].

**13.3.2.6** Krytyczną wartość naprężeń zastępczych w złożonych stanach obciążeń należy określić wg wzoru:

$$\sigma_{zc} = \sigma_{zE}, \quad \text{jeżeli} \quad \sigma_{zE} \leq \frac{R_e}{2} \quad (13.3.2.6-1)$$

$$\sigma_{zc} = R_e \left( 1 - \frac{R_e}{4\sigma_{zE}} \right), \quad \text{jeżeli} \quad \sigma_{zE} > \frac{R_e}{2} \quad (13.3.2.6-2)$$

$\sigma_{zE}$  – teoretyczne zastępcze naprężenie krytyczne w złożonym stanie obciążenia, [MPa], określone według 13.4.3.7.

**13.3.2.7** Naprężenia ściskające  $\sigma_r$  w środkowej części okrętu, 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:

$$\sigma_r = \frac{M_s + M_w}{I_n} \cdot z \cdot 10^5, \quad [\text{MPa}] \quad (13.3.2.7-1)$$

Wartość  $\sigma_r$  przyjęta do analizy stateczności wiązań powinna ponadto spełniać warunek:

$$\sigma_r \geq 30k, \quad [\text{MPa}] \quad (13.3.2.7-2)$$

$M_s$  – obliczeniowy moment zginający, działający na okręt na wodzie spokojnej w rozpatrywanym przekroju poprzecznym, określony według 15.4, [kNm];

- $M_w$  – falowa składowa obliczeniowego momentu zginającego okręt w rozpatrywanym przekroju poprzecznym, określona według 15.5, [kNm];
- $I_n$  – moment bezwładności rozpatrywanego poprzecznego przekroju kadłuba, określony według zasad podanych w 15.3 i 15.7, [cm<sup>4</sup>];
- $z$  – 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 okręt zawsze znajduje się w warunkach wygięcia, to wartość obliczeniowego momentu w warunkach ugięcia ( $M_s + M_w$ ) podlega odrębnemu rozpatrzeniu przez PRS.

W przypadku okrętów z szerokimi otworami (lukami) w pokładzie wytrzymałościowym, naprężenia ściskające  $\sigma_r$  będące wynikiem jednoczesnego zginania kadłuba w płaszczyznach pionowej i poziomej oraz skręcania podlegają odrębnemu rozpatrzeniu przez PRS.

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  $\tau_r$  w poszyciu burt pochodzące od ogólnego ścinania kadłuba, które stanowią podstawę wymagań w zakresie stateczności płyt poszycia burt w warunkach czystego ścinania, należy dla okrętów bez grodzi wzdłużnych określić wg wzoru:

$$\tau_r = \frac{0,5|Q_s + Q_w| S_n}{t I_n} 10^2, \quad [\text{MPa}] \quad (13.3.2.8)$$

gdzie:

$Q_s, Q_w, S_n, t, I_n$  – patrz 15.1.2,

$t$  – grubość poszycia burty, [mm].

Naprężenia  $\tau_r$  dla okrętów z grodziami wzdłużnymi lub z podwójnymi burtami podlegają odrębnemu rozpatrzeniu przez PRS.

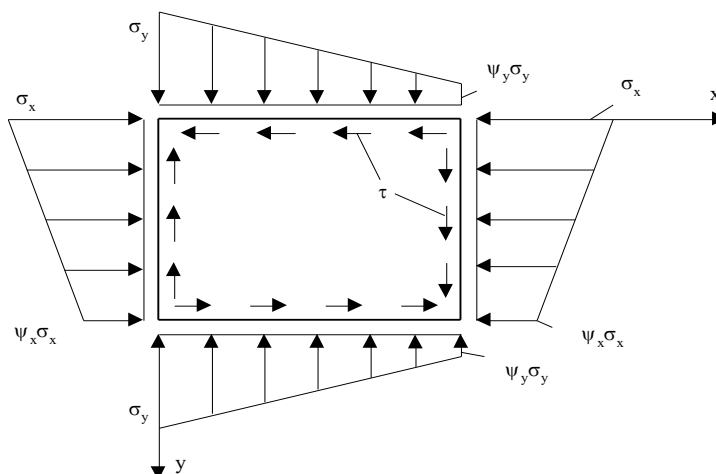
**13.3.2.9** Obliczeniową wartość naprężeń zastępczych w płytach poszycia lub środnikach wiązarów należy obliczyć wg wzoru:

$$\sigma_{zr} = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 - \sigma_x \sigma_y + 3\tau^2}, \quad [\text{MPa}] \quad (13.3.2.9)$$

$\sigma_x, \sigma_y, \tau$  – naprężenia w płycie, [MPa], jak na rys. 13.3.2.9.

Naprężenia ściskające  $\sigma_x$  lub  $\sigma_y$  należy przyjmować jako dodatnie.

Jeżeli  $\sigma_x$  lub  $\sigma_y$  jest rozciągające to do wzoru 13.3.2.9 należy podstawić ich wartości zerowe. Naprężenia  $\sigma_x, \sigma_y, \tau$  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 p. 13.3.2.7 i 13.3.2.8, należy obliczać w ramach analizy strefowej wytrzymałości konstrukcji, zgodnie z postanowieniami rozdziału 14.

W przypadku wiązarów kadłuba oraz płyt poszycia, w których występują znaczące wartości naprężeń ściskających  $\sigma$  w kierunkach obu krawędzi płyty lub naprężeń stycznych  $\tau$  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 wskazaniami podanymi 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:

$$t = 18k_a k_r s \sqrt{\frac{p}{\sigma}} + t_k, \quad [\text{mm}] \quad (13.4.2.1-1)$$

$$k_a = \left(1 - 0,27 \frac{s}{l}\right)^2; \quad (13.4.2.1-2)$$

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

$k_r$  – zdefiniowano w p. 5.2.3.2;

$p$  – obliczeniowe ciśnienie działające na rozpatrywaną płytę, [kPa]; należy je określać zgodnie ze wskazaniami podanymi w 17.6;

$\sigma$  – 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 okrętu należy określać według tabeli 13.4.2.2. Przyjęta wartość nie powinna przekraczać  $\sigma_{max} = 160k$ , [MPa].

Dla płyt poszycia położonych w skrajnych częściach okrętu należy przyjmować  $\sigma = 160k$ , [MPa].

**Uwaga:** Pomiędzy środkową częścią okrętu a częściami skrajnymi wartość  $\sigma$  zmienia się liniowo.

**Tabela 13.4.2.2**  
**Dopuszczalne naprężenia dla płyt w środkowej części okrętu**

Lp.	Poszycie w rejonie:	$\sigma$ , [MPa]
1.	dna zewnętrznego	
1.1	usztynwionego wzdłużnie	120 <i>k</i>
1.2	usztynwionego poprzecznie	175 <i>k</i> – 120 <i>f</i>
2.	dna wewnętrznego	
2.1	usztynwionego wzdłużnie	140 <i>k</i>
2.2	usztynwionego poprzecznie	200 <i>k</i> – 110 <i>f</i> , lecz nie więcej niż 140 <i>k</i>
3.	burt <sup>1)</sup>	
3.1	usztynwionych wzdłużnie	140 <i>k</i>
3.2	usztynwionych poprzecznie	120 <i>k</i>
4.	grodzi wzdłużnych <sup>1)</sup>	
4.1	usztynwionych wzdłużnie	160 <i>k</i>
4.2	usztynwionych poprzecznie <sup>2)</sup>	140 <i>k</i>
5.	pokładu wytrzymałościowego	
5.1	usztynwionego wzdłużnie	120 <i>k</i>
5.2	usztynwionego poprzecznie	175 <i>k</i> – 120 <i>f</i> , lecz nie więcej niż 120 <i>k</i>

<sup>1)</sup> Podano wartość  $\sigma$  w rejonie osi obojętnej poprzecznego przekroju kadłuba. Powyżej i poniżej osi obojętnej wartości  $\sigma$  zmniejszają się liniowo, aż do wartości wymaganych odpowiednio dla pokładu i dla dna, o ile kierunek usztynwień i współczynnik materiałowy nie zmienia się.

<sup>2)</sup> 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  $\sigma = 160k$  [MPa].

**13.4.2.3** Naprężenia dopuszczalne  $\sigma$  dla poszyci grodzi poprzecznych, pokładów poniżej pokładu wytrzymałościowego oraz dla poszyci ścian i pokładów krótkich nadbudówek i pokładówek można przyjmować jako równe 160*k*, [MPa].

Naprężenia dopuszczalne dla poszycia grodzi poprzecznych w warunkach awaryjnego zalania przedziału można przyjąć jako równe 220*k*, [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 środników wiązarów

**13.4.3.1** Postanowienia niniejszego podrozdziału dotyczą określenia teoretycznych naprężeń krytycznych dla rzeczywistych wymiarów płyt poszycia i środników wiązarów poddanych ścisaniu jednokierunkowemu, czystemu ścinaniu lub złożonym stanom obciążeń.

**13.4.3.2** Płyty poszycia oraz środniki wiązarów: dna zewnętrznego, dna wewnętrznego, burt, pokładu wytrzymałościowego i grodzi wzdłużnych biorące udział we wzdłużnej wytrzymałości okrętu powinny spełniać wymagania w zakresie stateczności płyt ściskanych jednokierunkowo podane w 13.3, przy zastosowaniu teoretycznego naprężenia krytycznego  $\sigma_E$  obliczonego według 13.4.3.4 i  $\tau_E$  w warunkach czystego ścinania obliczonego według 13.4.3.5, jeżeli ma zastosowanie.

Wszystkie płyty poszycia kadłuba, grodzi i przegród oraz środniki 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 punktu 13.4.3.3.

**13.4.3.3** Po odrębnym rozpatrzeniu przez PRS może być dopuszczone sprężyste wybočenje płyt, jeżeli w ocenie wzdluznej wytrzymałości okrętu zostanie uwzględniona odpowiednia redukcja efektywnego przekroju poprzecznego tych płyt poszycia.

**13.4.3.4** Wartość teoretycznego naprężenia krytycznego  $\sigma_E$  przy ściskaniu pola poszycia ograniczonego konturem podporowym należy obliczać wg wzoru:

$$\sigma_E = 0,9mE \left[ \frac{t_n}{1000 s} \right]^2, \quad [\text{MPa}] \quad (13.4.3.4-1)$$

Dla pól płytowych usztywnionych wzdluznie (równolegle 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 A/2.2;

$t_n$  – 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,

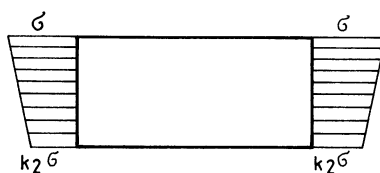
$c = 1,10$  – jeżeli usztywnieniami są płaskowniki łebkowe,

$c = 1,05$  – jeżeli usztywnieniami są płaskowniki;

$k_2$  – stosunek najmniejszej do największej wartości naprężenia ściskającego  $\sigma$  (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  $\sigma_E$  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	Pionowe ściany pomieszczenia podlegające jednostronnemu oddziaływaniu balastu lub zapasów płynnych	0,05t	0,5 – 1
2	Poziome ograniczenia pomieszczenia podlegające jednostronnemu oddziaływaniu balastu lub zapasów płynnych, pionowe ściany pomieszczenia podlegające obustronnemu oddziaływaniu balastu lub zapasów płynnych	0,10t	2 – 3
3	Poziome ograniczenia pomieszczenia podlegające obustronnemu oddziaływaniu balastu lub zapasów płynnych	0,15t	2 – 4



**13.4.3.5** Wartość teoretycznego naprężenia krytycznego  $\tau_E$  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  $\tau_E$  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:

$\sigma_{xE}$  – wartość teoretycznego naprężenia krytycznego przy ściskaniu w kierunku osi  $x$ , w złożonym stanie obciążenia, jak na rys. 13.3.2.9;

$\sigma_{xE}$  – wartość teoretycznego naprężenia krytycznego przy ściskaniu jednokierunkowym w kierunku osi  $x$  (rys. 13.4.3.4), obliczona jako  $\sigma_E$  wg 13.4.3.4;

$\sigma'_{yE}, \sigma_{yE}$  – tak jak  $\sigma'_{xE}$  i  $\sigma_{xE}$ , ale przy ściskaniu w kierunku osi  $y$ ;

$\tau'_E$  – wartość teoretycznego naprężenia krytycznego przy ścinaniu, w złożonym stanie obciążenia, jak na rys. 13.3.2.9;

$\tau_E$  – wartość teoretycznego naprężenia krytycznego w warunkach czystego ścinania, obliczona wg 13.4.3.5.

Obliczając wartości  $\sigma'_{xE}, \sigma'_{yE},$  i  $\tau'_E$  wg równania 13.4.3.6 należy założyć, że są one wprost proporcjonalne do wartości naprężeń  $\sigma_x, \sigma_y, \tau$  ustalanych wg 13.3.2.9 i 13.3.2.10. Naprężenia ściskające należy przyjąć jako dodatnie. Jeżeli  $\sigma_x$  lub  $\sigma_y$  są rozciągające, to w równaniu 13.4.3.6 należy przyjąć  $\sigma'_{xE} / \sigma_{xE}$  lub  $\sigma'_{yE} / \sigma_{yE}$  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.

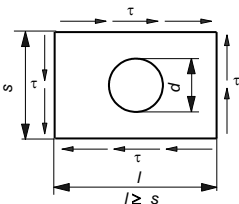
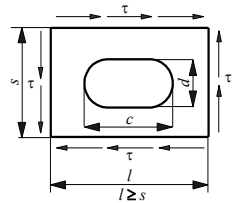
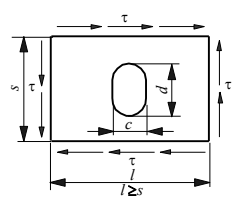
**13.4.3.8** Jeżeli w centralnej części pola płytowego zastosowano wycięcie (otwór) okrągłe lub owalne, to wartości  $\sigma_E$  obliczane wg 13.4.3.4 należy skorygować poprzez pomnożenie przez bezwymiarowy współczynnik  $r_k$  o wartościach określonych wg tabeli 13.4.3.8.

**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		$r_k = 1,17 - 1,41 \frac{d}{s} + 1,17 \left( \frac{d}{s} \right)^2,$ dla: $0,3 \leq \frac{d}{s} \leq 0,7$
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  $\tau_E$  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: $\Delta r = 0,08 \frac{l}{s} - 2,5;$ 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 płyty, 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:

$$r_u = 0,3 + 2,0 \frac{d}{s} + 0,2 \frac{c}{d} + 0,6 \frac{s}{l} \quad (13.4.3.10-2)$$

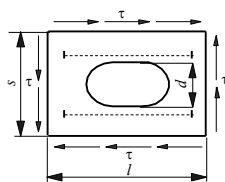
$l, s, c, d$  – wymiary pokazane na rysunkach w tabeli 13.4.3.9,  
 – dla wycięcia okrągłego przyjmując  $c = d$ ;

- 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  $\tau_E$  obliczane wg 13.4.3.5 można w stosunku do wymagań określonych w 13.4.3.9 skorygować poprzez pomnożenie wartości  $r_k$  (obliczone 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  $\sigma_E$  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 13.5.3.1 w powiązaniu z 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 13.5.3, w zakresie, w jakim mają zastosowanie.

**13.5.1.2** 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:

$$W = \frac{1000l^2 sp}{m\sigma}, \quad [\text{cm}^3] \quad (13.5.2.1)$$

i nie powinien być mniejszy niż 15 cm<sup>3</sup>.

$m$  – współczynnik momentu gnącego, według 13.5.2.2 (patrz również 13.5.2.4) oraz tabeli 5.2.3.3.

Naprężenia dopuszczalne  $\sigma$  należy określać następująco (patrz również 13.5.2.3):

- dla usztywnień wzdłużnych w środkowej części okrętu: z tabeli 13.5.2.1, przy czym przyjęte wartości nie powinny przekraczać  $\sigma_{\max} = 160k$ , [MPa];
  - dla usztywnień wzdłużnych w skrajnych częściach okrętu:  $\sigma = 160k$ , [MPa]; pomiędzy środkową częścią okrętu a częściami skrajnymi wartość  $\sigma$  zmienia się liniowo;
  - dla usztywnień poprzecznych (pionowych i poziomych), w tym usztywnień grodzi kolizyjnej:  $\sigma = 160k$ , [MPa];
  - dla usztywnień pozostałych grodzi wodoszczelnych:  $\sigma = 220k$ , [MPa];
- $\sigma_{dp}$  – naprężenia od zginania dna podwójnego w rozpatrywanym rejonie, w mocniku usztywnienia, [MPa], obliczane według wymagań rozdziału 14.
- zastosowane wartości  $\sigma_{dp}$  nie powinny być mniejsze niż  $\sigma_{dp} = 15 k$ , [MPa].

**Tabela 13.5.2.1**

**Naprężenia dopuszczalne dla usztywnień wzdłużnych w środkowej części okrętu**

Lp.	Usztywnienia wzdłużne w rejonie	$\sigma$ , [MPa]
1	dna zewnętrznego:	
1.1	– w dnie podwójnym	$225k - 130f - \sigma_{dp}$
1.2	– w dnie pojedynczym	$225k - 130f$
2	dna wewnętrznego	$225k - 100f - \sigma_{dp}$
3	wzdłużników szczelnych	$225k - 110f$
4	burty	$225k - 130f \frac{z_n - z_\alpha}{z_n}$ , max 130 k na okrętach jednopokładowych
5	grodzi wzdłużnych	$225k - 130f \frac{z_n - z_\alpha}{z_n}$
6	pokładu:	
6.1	– wytrzymałościowego, długiej nadbudówki i efektywnej pokładówki nad pokładem wytrzymałościowym	$225k - 130f$
6.2	– pokładów ciągłych poniżej pokładu wytrzymałościowego	$225k - 130f \frac{z_n - z_\alpha}{z_n}$

**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 wartość  $\sigma$  taką jak dla materiału płyty. Jeżeli jednak obliczone naprężenie w poszyciu jest niższe od dopuszczalnego, to wartość  $\sigma$  dla usztywnienia można zwiększyć,

mnożąc ją przez współczynnik o wartości nie przekraczającej  $k_u/k_p$  ( $k_u$  – 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:

$$m = 8; \quad \sigma = 145 k, \quad [\text{MPa}].$$

**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 wskaźnika  $W$  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 wskaźnika  $W$ , 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 okrętu,
- usztywnień i wiązarów podporowych grodzi i burt,
- podpór,
- łączników,
- rzędów pokładników stosowanych na poziomie wzdłużników burtowych w skrajnikach,
- usztywnień środników wiązarów,

powinny odpowiadać wymaganiom w zakresie stateczności podanym w 13.3, przy zastosowaniu teoretycznych naprężeń krytycznych  $\sigma_E$  podanych niżej.

Należy przy tym uwzględnić następujące postacie możliwej utraty stateczności usztywnienia:

- wyboczenie giętne całego usztywnienia,
- wyboczenie skrętne całego usztywnienia,
- miejscowe wyboczenie środnika 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 środników wiązarów w zakresie wyboczenia giętnego – teoretyczne naprężenia krytyczne  $\sigma_E$  można określić wg wzoru:

$$\sigma_E = 0,001E \frac{I_\alpha}{Al^2}, \quad [\text{MPa}] \quad (13.5.3.2)$$

$I_\alpha$  – moment bezwładności poprzecznego przekroju usztywnienia bez naddatku korozyjnego względem osi prostopadłej do spodziewanego kierunku wybożenia, czyli prostopadle do poszycia, [cm<sup>4</sup>];

$A$  – pole poprzecznego przekroju usztywnienia, [cm<sup>2</sup>];

W obliczeniach wartości  $I_\alpha$  oraz  $A$  można uwzględnić pas współpracujący o szerokości równej odstępowi usztywnień i grubości równej  $t_n$  – patrz 13.4.3.4.

Wartość  $\sigma_E$  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  $\sigma_E$  można zwiększyć dwukrotnie, a jeżeli oba końce usztywnienia są utwierdzone, to wartość  $\sigma_E$  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 giętną w dwóch prostopadłych kierunkach,
- ich końce są związane z wiązarami za pomocą węzłów.

**13.5.3.3** Przy sprawdzaniu stateczności usztywnienia w zakresie wybożenia skrętnego wartość  $\sigma_E$  można obliczać wg wzoru:

$$\sigma_E = \frac{\pi^2 EI_w}{10^4 I_0 l^2} \left( m^2 + \frac{K}{m^2} \right) + 0,385 E \frac{I_t}{I_0}, \quad [\text{MPa}] \quad (13.5.3.3-1)$$

$$K = \frac{cl^4}{\pi^4 EI_w} 10^6 \quad (13.5.3.3-2)$$

$m$  – 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, [cm<sup>6</sup>]:

– 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

$$I_w = \frac{b_m^3 \cdot h_s^2}{12(b_m + h_s)^2} [t_m(b_m^2 + 2b_m h_s + 4h_s^2) + 3t_s b_m h_s] 10^{-6} \quad (13.5.3.3-5)$$

$h_s$  – wysokość środnika, [mm];

$t_s$  – grubość środnika, [mm], z uwzględnieniem standardowego potrącenia grubości według 13.4.3.4, czyli przyjmując  $t_s = t_n$ ;

$b_m$  – szerokość mocnika, [mm];

$t_m$  – grubość mocnika, [mm], z uwzględnieniem standardowego potrącenia grubości według 13.4.3.4. W przypadku płaskowników łebkowych należy przyjąć średnią grubość  $\bar{t}_a$ ;



- $l$  – rozpiętość usztywnienia, [m];  
 $I_0$  – biegunowy moment bezwładności poprzecznego przekroju usztywnienia względem punktu styku usztywnienia z poszyciem, [cm<sup>4</sup>]:  
 – 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), [cm<sup>4</sup>]:  
 – 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:

$$c = \frac{k_p E t_p^3}{3s \left( 1 + \frac{1,33 k_p h_s t_p^3}{1000 s t_s^3} \right)} 10^{-3} \quad (13.5.3.3-10)$$

$$k_p = 1 - r, \text{ lecz nie mniej niż } k_p = 0, \quad (13.5.3.3-11)$$

$$r = \frac{\sigma_r}{\sigma_{Ep}} \quad (13.5.3.3-12)$$

$\sigma_r$  – obliczeniowe naprężenie ściskające, [MPa]; dla wzdłużnych pokładników, wręgów dna i burt oraz usztywnień grodzi wzdłużnych – patrz 13.3.2.7;

$\sigma_{Ep}$  – 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 środnika wartość  $\sigma_E$  można obliczać wg wzoru:

$$\sigma_E = 3,8E \left( \frac{t_s}{h_s} \right)^2, \quad [\text{MPa}] \quad (13.5.3.4)$$

$h_s$  – patrz 13.1.2;

$t_s$  – grubość środnika, [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:

$$t_m \geq \frac{1}{15} b_n \quad (13.5.3.5)$$

$b_n$  – szerokość mocnika dla kątownika lub połowa szerokości mocnika dla teownika;

$t_m$  – patrz 13.5.3.3.

**13.5.3.6** Usztywnienia podpierające płyty poszycia poddane w ich płaszczyznach ścisaniu 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:

$$I = \frac{0,09 \sigma_r \sigma_E l^4 s}{t}, \quad [\text{cm}^4] \quad (13.5.3.6-1)$$

$t$  – grubość poszycia, [mm];

$\sigma_r$  – naprężenie ściskające, [MPa], działające w płytach poszycia prostopadle do usztywnienia;

$\sigma_E = 1,18 \sigma_r$ , [MPa] – w przypadku gdy  $\sigma_E \leq 0,5 R_e$ , (13.5.3.6-2)

$\sigma_E = \frac{R_e^2}{4(R_e - 1,18 \sigma_r)}$ , [MPa] – w pozostałych przypadkach; (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 środnika, podane w 13.6.3,
- stateczności, podane w 13.6.4.

### 13.6.2 Wskaźnik przekroju

**13.6.2.1** Wskaźnik przekroju wiarzara 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:

$$W \geq \frac{1000 l^2 b p}{m \sigma}, \quad [\text{cm}^3] \quad (13.6.2.1-1)$$

$l, b, p$  – patrz 13.1.2;

$\sigma$  – naprężenia dopuszczalne, określane następująco:

- dla ciągłych wzdłużnych wiarzarów w środkowej części okrętu

$$\sigma = 190k - 130f \frac{z_n - z_\alpha}{z_n}, \quad [\text{MPa}] \quad (13.6.2.1-2)$$

lecz nie więcej niż 160 k, [MPa];

- dla wiarzarów wzdłużnych w skrajnych częściach okrętu

$$\sigma = 160k, \quad [\text{MPa}]$$

Pomiędzy środkową częścią okrętu i częściami skrajnymi wartość  $\sigma$  zmienia się liniowo;

- dla wiarzarów 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 środника

**13.6.3.1** Efektywne pole poprzecznego przekroju środnika wiażara obciążonego ciągłym obciążeniem poprzecznym, określone według zasad podanych w 3.2.3, powinno spełniać warunek:

$$A \geq \frac{ck_1 l b p}{k} + 0,01 h_s t_k, \quad [\text{cm}^2] \quad (13.6.3.1)$$

$c = 0,75$  – dla środnika wiażarów grodzi wodoszczelnych (nie dotyczy to grodzi kolizyjnej),

$c = 1,0$  – we wszystkich innych przypadkach;

$k_1 = 0,06$  – dla ciągłych poziomych wiażarów oraz górnych końców pionowych wiażarów burt i grodzi,

$k_1 = 0,08$  – dla dolnych końców pionowych wiażarów burt i grodzi,

$k_1 = 0,07$  – dla wiażarów pokładowych;

$l, b, p, h_s, t_k$  – patrz 13.1.2.

**13.6.3.2** W środku rozpiętości wiażara pole przekroju jego środnika powinno być nie mniejsze niż połowa pola przekroju obliczonego wg wzoru 13.6.3.1.

### 13.6.4 Stateczność wiażarów

**13.6.4.1** Stateczność wiażarów 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 wiażarów przenoszących obciążenia poprzeczne oraz ewentualnie dodatkowo obciążenia osiowe od ogólnego zginania kadłuba obowiązują następujące zasady:

- stateczność w sensie wyboczenia giętnego całego wiażara w zasadzie może nie być sprawdzana;
- uznaje się, że wymagania w zakresie stateczności wiażara w sensie wyboczenia skrętnego i zwichrzenia mocnika są spełnione, jeżeli spełnione są wymagania podrozdziałów 3.6.2 i 3.6.4;
- środniki wiażarów powinny spełniać kryteria stateczności w sensie lokalnego wyboczenia 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 podrozdziału 3.6.3.

**13.6.4.3** Wiażary stanowiące podparcie dla usztywnień wzdłużnych (pokładników, wręgów, usztywnień grodzi wzdłużnych) lub podpierające inne usztywnienia poddane osiowemu ścisłaniu 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 wiażara, [m];

$b$  – odstęp wiażarów, [m];

$s$  – odstęp usztywnień, [m];

$$I_u = \frac{\sigma_E A l^2}{0,001E}, \quad [\text{cm}^4] \text{ – moment bezwładności przekroju ściskanego usztywnienia, konieczny do}$$

spełnienia wymagań 13.5.3.2;

$$\sigma_E = 1,18\sigma_r, \quad [\text{MPa}] \text{ – jeżeli } \sigma_E \leq 0,5R_e \quad (13.6.4.3-2)$$

$$\sigma_E = \frac{R_e^2}{4(R_e - 1,18\sigma_r)}, \quad [\text{MPa}] \text{ – w pozostałych przypadkach;} \quad (13.6.4.3-3)$$

$\sigma_r$  – naprężenie ściskające w usztywnieniu, [MPa];

$A$  – pole poprzecznego przekroju usztywnienia, określone jak w 13.5.3.2, [cm<sup>2</sup>];

$l$  – rozpiętość usztywnienia, [m].

### 13.6.5 Sztywność wiązarów

Należy spełnić kryterium sztywności określone w p. 14.5.4.

## 13.7 Podpory i wiązania ściskane

### 13.7.1 Zastosowanie

Wymagania niniejszego podrozdziału 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 maszynowni, 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  $\sigma_c$  podpór, łączników i usztywnień podporowych, obliczone według 13.5.3 oraz 13.3.2.2, powinno być nie mniejsze niż naprężenia obliczone wg wzoru:

$$\sigma = \frac{10P}{Ak_1}, \quad [\text{MPa}] \quad (13.7.3.1-1)$$

$P$  – 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];

$$k_1 = \frac{k_2}{1 + \frac{l}{i}}, \quad \text{lecz nie mniej niż } 0,3; \quad (13.7.3.1-2)$$

$k_2 = 0,5$  – dla wiązań podporowych pokładu otwartego w rejonie  $x \geq 0,4 L_0$  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];

$I_\alpha, A$  – 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:

$$P = \sum P_i, \quad [\text{kN}] \quad (13.7.3.2)$$

$P_i$  – 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:

$$P = lbp, \quad [\text{kN}] \quad (13.7.4)$$

$l$  – średnia długość wiarza 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, [m].

## 13.8 Węzłówki

### 13.8.1 Zastosowanie

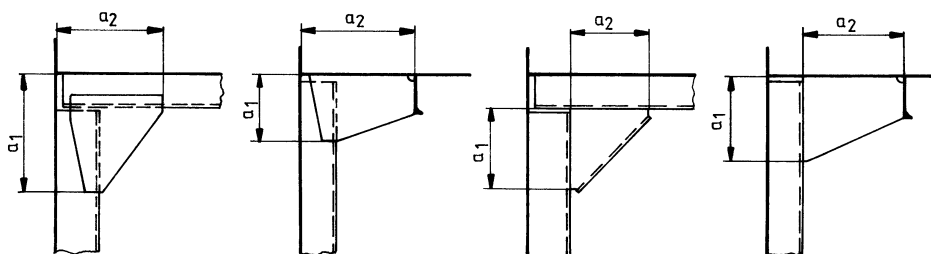
Wymagania niniejszego podrozdziału mają zastosowanie do węzłówek mocujących końce usztywnień i wiązarów do innych konstrukcji.

### 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.

**13.8.2.2** Wymiary końcowych węzłówek usztywnień wpływających na wytrzymałość wzdłużną okrętu powinny być określone w zależności od sił obliczeniowych przenoszonych przez łączone usztywnienia oraz od naprężeń dopuszczalnych, przyjmowanych jak dla usztywnień.

**13.8.2.3** Wymiary węzłówek usztywnień nie wpływających 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,  $t_w$ , należy określać wg wzoru:

$$t_w = \frac{3 + k_1 \sqrt{W}}{\sqrt{\frac{k_w}{k_u}}} + t_k, \quad [\text{mm}] \quad (13.8.2.4)$$

$W$  – przepisowy wskaźnik przekroju usztywnienia (najmniejszy, jeżeli do węzłówki przyłączono więcej niż jedno usztywnienie),  $[\text{cm}^3]$ ;

$k_1 = 0,2$  dla węzłówek z zagięciem lub mocnikiem wzdłuż swobodnej krawędzi,

$k_1 = 0,3$  dla węzłówek bez zagięć lub mocników;

$k_w$  – współczynnik materiałowy węzłówki (patrz  $k$  w 2.2.1.2);

$k_u$  – współczynnik materiałowy usztywnienia.

Grubość węzłówki,  $t_w$ , powinna być nie mniejsza niż 6 mm i nie musi być większa niż 13,5 mm, przy czym naddatek korozyjny  $t_k$  może nie przekraczać 1,5 mm.

**13.8.2.5** Długość ramienia węzłówki  $a$  należy obliczać 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 rys. 13.8.2.3;

$c = 70$  dla węzłówek z zagięciem lub mocnikiem wzdłuż swobodnej krawędzi,

$c = 75$  dla węzłówek bez zagięć lub mocników.

Przyjęta wartość  $a$  powinna być nie mniejsza niż dwukrotna wysokość usztywnienia. 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  $0,75a$  (patrz rys. 13.8.2.3). Jeżeli długość swobodnej krawędzi węzłówki przekracza  $50 t_w$ , to krawędź ta powinna mieć zagięcie lub mocnik o szerokości nie mniejszej niż szerokość obliczona wg wzoru:

$$b = 40 \left(1 + \frac{W}{1000}\right), \quad [\text{mm}] \quad (13.8.2.5-2)$$

i nie mniejszej niż 50 mm.

**13.8.2.6** Wymiary węzłówki powinny być takie, aby wskaźnik przekroju w obrębie węzłówki był nie mniejszy, niż wymagany wskaźnik przekroju dla usztywnienia.

**13.8.2.7** Połączenia bezwęzłóvkowe 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 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:

$$t = 1,25 \sqrt{\frac{(l - 0,5s) sp}{k}} + t_k, \quad [\text{mm}] \quad (13.8.2.8)$$

$l$  – rozpiętość usztywnienia,  $[\text{m}]$ ;

$s$  – odstęp usztywnień,  $[\text{m}]$ ;

$p$  – ciśnienie działające na poszycie podparte przez rozpatrywane usztywnienie,  $[\text{kPa}]$ .

### 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 oraz usztywniona.

Połączenia wiązarów mogą być bezwęzłówkowe, jeżeli konstrukcja węzła zapewnia odpowiednie podparcie przyległym mocnikom.

**13.8.3.2** Grubość węzłówek wiązara powinna być nie mniejsza, niż grubość jego środka.

Węzłówki wiązarów powinny mieć wzdłuż swobodnych krawędzi mocniki o polu przekroju poprzecznego nie mniejszym, niż pole obliczone 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 i oddalone od niego o nie więcej niż 0,15 m, przy czym pole poprzecznego przekroju mocnika powinno wynosić 60% pola obliczonego wg wzoru, a pole poprzecznego przekroju usztywnienia – 40%;

$t_w$  – grubość węzłówki, [mm].

Jeżeli mocnik wiązara przechodzi bezpośrednio w mocnik węzłówki, to w miarę możliwości zmiana wymiarów mocnika powinna być płynna. Jeżeli mocnik wiązara nie przechodzi w mocnik węzłówki, to powinien być poprowadzony wystarczająco daleko poza zakończenie węzłówki.

**13.8.3.3** Długość ramienia węzłówki wraz z wysokością wiązara należy obliczać wg wzoru:

$$a_w = c \sqrt{\frac{W}{t_w}}, \quad [\text{mm}] \quad (13.8.3.3)$$

$W$  – wymagany wskaźnik przekroju wiązara łączonego węzłówką, [ $\text{cm}^3$ ];

$t_w$  – grubość węzłówki, [mm];

$c = 63$  w przypadku łączenia wiązarów dna lub 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 poprzecznego przekroju mocnika może być stopniowo zmniejszane poza krzyżującym się mocnikiem. W przypadku mocnika rozciąganego – dopuszczalne naprężenia rozciągające należy zmniejszyć, jeżeli może powstać rozwarstwienie mocnika ciągłego.

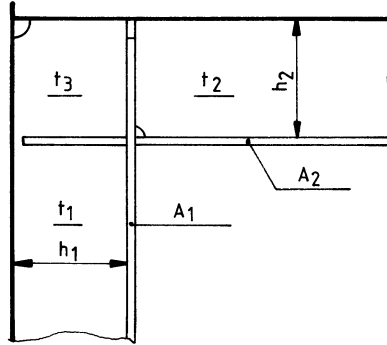
Grubość środka wiązara w obrębie połączenia bezwęzłówkowego (patrz rys. 13.8.3.5) powinna być nie mniejsza, niż większa z wartości obliczonych wg wzorów:

$$t_3 = \frac{\sigma_1}{k_t} \frac{A_1}{h_2} - \frac{\tau_2}{k_t} \frac{t_2}{100}, \quad [\text{mm}] \quad (13.8.3.5-1)$$

$$t_3 = \frac{\sigma_2}{k_t} \frac{A_2}{h_1} - \frac{\tau_1}{k_t} \frac{t_1}{100}, \quad [\text{mm}] \quad (13.8.3.5-2)$$



- $A_1, A_2$  – wymagane minimalne wartości pola poprzecznego przekroju mocnika wiązarów 1 i 2, [cm<sup>2</sup>];
- $h_1, h_2$  – wysokość środników wiązarów 1 i 2, [mm];
- $t_1, t_2$  – minimalne wymagane grubości (poza rejonem 3) środników wiązarów 1 i 2, [mm];
- $\sigma_1, \sigma_2$  – naprężenia normalne od zginania wiązarów 1 i 2, [MPa];
- $\tau_1, \tau_2$  – naprężenia styczne w środnikach wiązarów 1 i 2, [MPa];
- $k_t$  – współczynnik materiałowy płyty narożnej (rejon 3) środnika.



Rys. 13.8.3.5 Bezweźłówkowe połączenie wiązarów

## **14 ZASADY OBLICZEŃ METODĄ ELEMENTÓW SKOŃCZONYCH – WYTRZYMAŁOŚĆ STREFOWA, OGÓLNA I MIEJSCOWA**

### **14.1 Zasady ogólne**

#### **14.1.1 Zastosowanie**

**14.1.1.1** Wymagania niniejszego rozdziału mają zastosowanie do:

- analizy wytrzymałości systemu wiązarów kadłuba okrętu;
- analizy wytrzymałości ogólnej kadłubów w sytuacjach, gdy nie może być wykonana ocena wytrzymałości wg wymagań rozdziału 15 (np. okręty z nadbudówkami w części środkowej, okręty z szerokimi lukami w pokładach, itp.);
- oceny wytrzymałości usztywnień kadłuba w sytuacjach, gdy nie mogą być zastosowane metody i kryteria podane w 13.5.

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.

#### **14.2 Obciążenia obliczeniowe**

**14.2.1** Analiza naprężeń w konstrukcji powinna być przeprowadzona dla najbardziej niekorzystnych, realnych stanów obciążenia okrętu.

Należy uwzględnić następujące sytuacje:

- okręt w warunkach wyporności pełnej;
- okręt w warunkach wyporności maksymalnej (jeżeli w projekcie okrętu założono sytuacje, gdzie zanurzenie jest większe niż  $T$ ) i przy wypornościach od niej mniejszych, stosowanych w eksploatacji (np. z niepełną masą zapasów lub balastu wodnego);
- przeładunek okrętu na postoju lub w ruchu oraz zaopatrywanie w ruchu.

Dla okrętów w warunkach morskich należy uwzględnić realne kombinacje zewnętrznych i wewnętrznych obciążeń dynamicznych, określonych w 17.5. W warunkach portowych (przeładunek) obciążenia dynamiczne można pominąć. Obciążenia od sił ciężkości i bezwładności elementów konstrukcji pokładów można pominąć, jeżeli są one mniejsze niż 5% wartości obciążeń obliczeniowych.

Sposób przyłożenia obciążeń do modeli wytrzymałościowych konstrukcji określono w 14.3.3, 14.4.3 i 14.6.

### **14.3 Ocena wytrzymałości strefowej 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 wytrzymałości strefowej 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 środnika 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 naddatków korozyjnych wg 2.5.

**14.3.2.4** Moment bezwładności i wskaźniki wytrzymałości przekrojów wiązarów należy obliczać dla średnika z pasem lub pasami współpracującymi poszyc (w przypadku konstrukcji dwupozyciowych).

Szerokość pasa współpracującego poszycia należy ustalić wg 3.2.2.1. 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 średnikach pole na ścinanie należy przyjmować jako efektywne pole przekroju średnika ustalone wg 3.2.3.

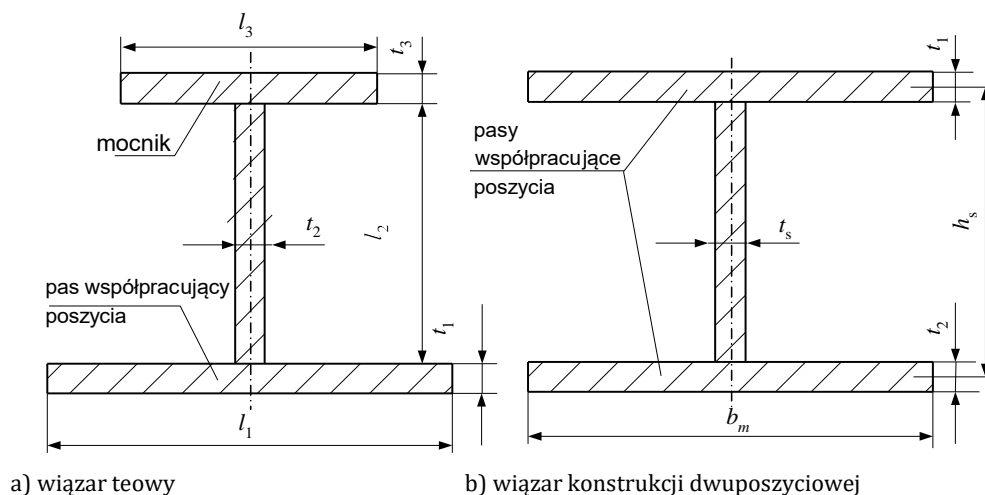
**14.3.2.6** Stałą skręcania dla wiązarów teowych (rys. 14.3.2.6a) należy obliczać według wzoru:

$$I_0 = \frac{1}{3} \sum_{i=1}^3 l_i t_i^3 \quad (14.3.2.6-1)$$

Stałą skręcania dla wiązarów w konstrukcjach dwupozyciowych należy obliczać według wzoru:

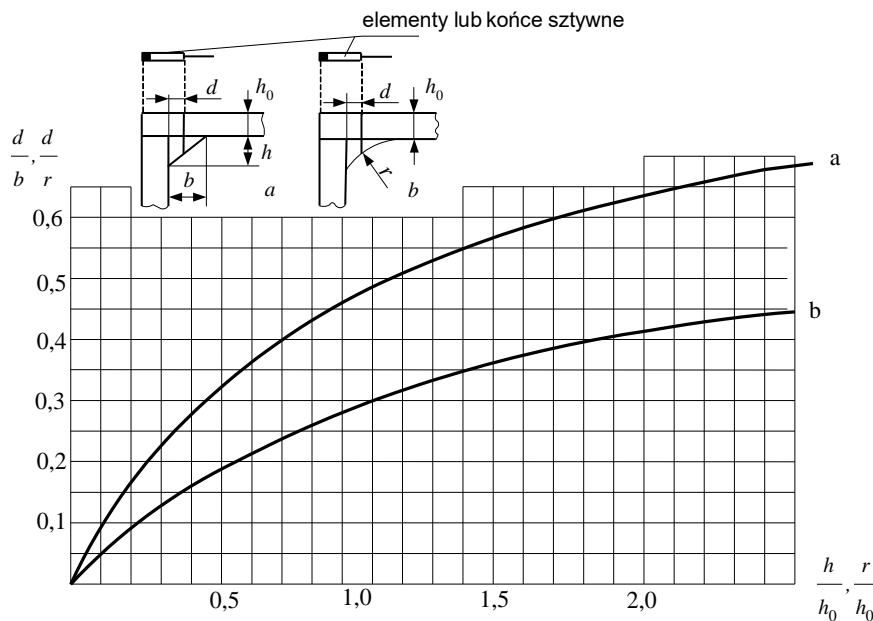
$$I_0 = \frac{b_m \cdot h_s^2}{\frac{1}{t_1} + \frac{1}{t_2}} \quad (14.3.2.6-2)$$

Grubości  $t_1$  i  $t_2$  w powyższych wzorach są to grubości netto poszycia.



Rys. 14.3.2.6

**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.



Rys. 14.3.2.7

Ustalanie długości elementów sztywnych lub sztywnych końców

Charakterystyki wytrzymałościowe elementów sztywnych należy ustalić następująco:

- moment bezwładności przyjmując 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 przyjmując jako około 10 razy większe niż odpowiednie pole przeciętnych elementów o skończonej sztywności, stosowanych w danym modelu.

### 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 i sztywność wiązarów**

**14.3.5.1** Dopuszczalne wartości naprężeń w wiązarach, odpowiadające obciążeniom obliczeniowym wg rozdziału 17, podano w 14.5.

**14.3.5.2** Należy spełnić kryterium sztywności wiązarów określone w p. 14.5.4.

#### **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;
- właściwości materiału (moduł Younga, współczynnik Poissona, granica plastyczności).

##### **14.3.6.2 Wyniki obliczeń**

Prezentowane wyniki obliczeń powinny zawierać:

- rysunek odkształconej konstrukcji (wydruk z programu komputerowego) i maksymalne wartości przemieszczeń węzłów;
- wartości naprężeń w poszczególnych elementach modelu MES.

#### **14.4 Ocena wytrzymałości strefowej 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 obliczeń wytrzymałości strefowej 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.

Zalecane jest jednak opracowanie modelu MES obejmującego trzy kolejne przedziały pomiędzy grodziami wodoszczelnymi.

**14.4.1.3** Model MES może mieć mniejszy zasięg od wymaganego w 14.4.1.2, gdy warunki brzegowe w formie zadanych wartości przemieszczeń przyjmowane są na podstawie wyników analizy MES wytrzymałości ogólnej kadłuba, wg 14.6.

**14.4.1.4** Wyniki rozwiązania modelu MES wymaganego w 14.4.1.2 mogą posłużyć jako warunki brzegowe do analizy MES wytrzymałości lokalnej, wg wymagań 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), 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 obłe) 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 powinny być uwzględnione w modelu MES 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 poszyci.

**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.

**14.4.2.5** Przy tworzeniu modeli MES poszyci, środników wiązarów oraz węzłówek z użyciem elementów membranowych 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 poszyci 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, poszyci 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** Małe otwory i wycięcia w środnikach wiązarów (otwory przelewowe i odpowietrzające, wycięcia dla przejść usztywnień poszycia) mogą być pominięte w modelu MES.

Otwory komunikacyjne i ulżeniowe w środnikach wiązarów można na ogół uwzględnić poprzez zastosowanie w rejonie tych otworów, na całej wysokości środnika, elementów o zmniejszonej

grubości (proporcjonalnie do wysokości otworu) w ten sposób, aby zachować rzeczywistą wartość przekroju poprzecznego na ścinanie środkiem.

W przypadku zastosowania otworów o nietypowych proporcjach wymiarowych lub względnie dużych wymiarach może być wymagane uwzględnienie wprost takich otworów w modelu MES.

**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.

### 14.4.3 Obciążenie

**14.4.3.1** Jeżeli blachy poszyc są modelowane elementami powłokowymi, a usztywnienia poszycia elementami belkowymi to obciążenie od wody z zewnątrz kadłuba i obciążenia od balastu wodnego lub zapasów płynnych od wewnątrz kadłuba można przykładać do modelu MES w formie ciśnień.

**14.4.3.2** Jeżeli blachy poszyc są modelowane elementami tarczowymi, to obciążenia wymienione w 14.4.3.1 należy przykładać w formie obciążeń ciągłych w płaszczyznach środków usztywnień (w sytuacjach, gdy środniki wiązarów są modelowane elementami tarczowymi) lub w płaszczyznach środków wiązarów. Wartość obciążenia ciągłego jest równa wartości ciśnienia pomnożonej przez szerokość podpieranego pasa poszycia.

**14.4.3.3** Obciążenie od elementów wyposażenia i uzbrojenia okrętu oraz od zapasów innych niż ciecze w integralnych zbiornikach kadłuba należy przykładać w formie obciążeń ciągłych, wg zasad podanych w 14.4.3.2.

Obciążenie zbliżone do sił skupionych także zaleca się przykładać w formie obciążenia ciągłego – na odpowiednio małej długości.

### 14.4.4 Warunki brzegowe

**14.4.4.1** Przy ciężeniach symetrycznych względem płaszczyzny symetrii kadłuba (PS) można zastosować model MES obejmujący moduł konstrukcji pomiędzy PS a burtą.

Wówczas w PS należy zastosować warunki brzegowe odpowiadające symetrii, tzn.:

- zerowe wartości przesunięć węzłów w kierunku prostopadłym do PS;
- zerowe wartości kątów obrotu węzłów wokół osi wzdłużnej i pionowej.

**14.4.4.2** W przypadku modeli MES modułów konstrukcji kadłuba o zasięgu wymaganym w 14.4.1.2, w węzłach leżących w końcowych przekrojach wręgowych można na ogół zastosować warunki symetrii w formie zerowych wartości kątów obrotu wokół osi poprzecznej i pionowej oraz zerowych wartości przesunięć wzdłużnych.

Jeżeli model MES służy jednocześnie do oceny wytrzymałości ogólnej kadłuba, to w powyższych płaszczyznach należy zastosować warunki brzegowe podane w 14.6.3.4.

**14.4.4.3** Węzły modelu MES w płaszczyznach burt i grodzi można na ogół podeprzeć w kierunku pionowym, na poziomie najwyższego pokładu.

### 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 poszyc;
- parametry poprzecznych przekrojów elementów belkowych;
- zastosowane warunki brzegowe (opis lub w formie graficznej – na rysunkach modelu MES);
- zastosowane obciążenia (forma jak wyżej);
- właściwości 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 Naprężenia dopuszczalne dla wiązarów

#### 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  $\sigma$  podlegające ocenie to naprężenia membranowe. W przypadku elementów powłokowych są to naprężenia w płaszczyźnie środkowej (w środku grubości blach).

**14.5.2.2** Naprężenia styczne  $\tau$  w środnikach wiązarów podlegające ocenie to naprężenia średnie, obliczane dla efektywnego pola przekroju środnika z otworami wg 3.2.3.

**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;
- $\sigma_x$  – naprężenie normalne w kierunku osi  $x$ ;
- $\sigma_y$  – naprężenie normalne w kierunku osi  $y$ ;
- $\tau$  – 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** Wartości naprężeń w rejonach korbów mogą na ogół być większe od naprężeń dopuszczalnych podanych w 14.5.3.

Wartości tych naprężeń podlegają odrębnemu rozpatrzeniu przez PRS.

W takich sytuacjach może być wymagana analiza trwałości zmęczeniowej konstrukcji w rejonach korbów – wg rozdziału 16.

### 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], dla wiązarów z jednym pasem współpracującym;

$\tau = 100k$ , [MPa], dla wiązarów z dwoma pasami współpracującymi;

$\sigma_{zr} = 180k$ , [MPa].

**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) lub 0,59 wartości momentów zginających i skręcających wg 15.12.3 i 15.13.3 oraz 0,35 wartości  $M_w$  jak wyżej (podobnie jak we wzorze 15.13.4.1-1).

**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** Wartości naprężeń dopuszczalnych podane w 14.5.3.1÷14.5.3.3 dotyczą obciążeń w warunkach morskich, określonych wg rozdziału 17.

Dla warunków portowych (operacje ładunkowe) i dla warunków remontu okrętu można zastosować wartości naprężeń dopuszczalnych większe o 10% od podanych wyżej.

### 14.5.4 Sztywność wiązarów

**14.5.4.1** Maksymalne wartości ugięć  $f$  ([mm]) wiązarów względem konstrukcji, na których są one oparte (burty, grodzie, pokłady, itp.) obliczone z zastosowaniem MES, opisanych w p. 14.3 i 14.4, powinny spełniać warunek:

$$\frac{f}{l_w} = \frac{1}{C_f} \quad (14.5.4.1)$$

gdzie:

$l_w$  – odległość ([mm]) pomiędzy konstrukcjami określonymi wyżej;

$C_f$  – bezwymiarowy współczynnik o wartościach podanych w tabeli 14.5.4.1.

**Tabela 14.5.4.1**  
**Wartości współczynnika  $C_f$**

Rejon konstrukcji	Konstrukcja kadłuba okrętu	
	ze stali	z aluminium
Wiązary dna, burt, grodzi	600	400
Wiązary pokładów	300	200

**14.5.4.2** PRS może zmniejszyć dopuszczalne wartości ugięć wiązarów w stosunku do określonych w p. 14.5.4.1 – aby wyeliminować możliwość zakłóceń funkcjonowania urządzeń i uzbrojenia zainstalowanego na okręcie.

## 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 lub prętowym modelu kadłuba, należy wykonać obliczenia MES z zastosowaniem modelu tarczowo-prętowego lub powłokowo-prętowego, wg wymagań podrozdziału 14.6.

Obliczenia takie są wymagane np. w przypadku kadłubów bez wstawki cylindrycznej, okrętów z długimi nadbudówkami w części środkowej, kadłubów z szerokimi otworami lukowymi.

Obliczenia wg takiego modelu mogą także być wykorzystane do określenia warunków brzegowych dla analizy wytrzymałości strefowej.

**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 strefowej.

### 14.6.2 Wymagania dla modeli MES

**14.6.2.1** Ocenę wytrzymałości ogólnej kadłuba okrętu należy wykonać dla wymiarów brutto elementów konstrukcyjnych, tzn. bez potrącania zastosowanych naddatków korozyjnych.

**14.6.2.2** Model MES powinien obejmować moduł kadłuba w części środkowej okrętu, o zasięgu wymaganym w 14.4.1.2 lub cały kadłub okrętu.

**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** Do modelu MES należy przykładać obciążenia w sposób jak najbardziej zbliżony do rzeczywistości, tzn. w formie ciśnień wody od zewnątrz, ciśnień zapasów płynnych i nacisków na fundamenty od elementów wyposażenia.

**14.6.3.2** Po uzgodnieniu z PRS, w przypadku analizy zginania ogólnego lub skręcania kadłuba, można wypadkowe obciążenie w poszczególnych przekrojach wręgowych przyłożyć do burt i grodzi wzdłużnych w formie obciążenia ciągłego (wzdłuż statku).

**14.6.3.3** W miarę możliwości należy unikać stosowania podpór w końcowych przekrojach poprzecznych modelu MES (na końcach modułu kadłuba) – w celu zrównoważenia sił wewnętrznych w tych przekrojach kadłuba.

Do modelu MES należy przykładać obciążenie samorzównoważone. Model obciążony w ten sposób należy podeprzeć sprężynami w kierunku pionowym, poprzecznym i wzdłużnym (stosując minimalną możliwą liczbę sprężyn) w celu wyeliminowania nieuchronnie występującego braku równoważenia (błędy zaokrągleń w obliczeniach).

Sprężyny zaleca się umieszczać w węzłach leżących na skrzyżowaniu burt lub grodzi wzdłużnych z grodziami poprzecznymi.

**14.6.3.4** W przypadku stosowania modelu MES modułu kadłuba, w końcowych przekrojach poprzecznych należy przyłożyć naprężenia normalne i styczne odpowiadające momentom zginającym i siłom ścinającym kadłub, w sposób wynikający z teorii zginania belek cienkościennych.

Dopuszczalne jest zastosowanie więzów wymuszających płaskość końcowych przekrojów modułu (modelu MES) i przyłożenie tam momentów zginających w formie par sił (siły skupione przyłożone do węzłów modelu w PS).

**14.6.3.5** W przypadku kadłubów symetrycznych można stosować model MES obejmujący konstrukcję kadłuba po jednej stronie płaszczyzny symetrii.

W przypadku analizy zginania ogólnego w płaszczyźnie pionowej należy zastosować warunki brzegowe podane w 14.4.4.1.

#### **14.6.4 Naprężenia dopuszczalne**

**14.6.4.1** Wartości naprężeń dopuszczalnych podano w 15.2.1 i 15.12.2 ( $\sigma$  dla zginania ogólnego w płaszczyźnie pionowej i jednoczesnego zginania w płaszczyznach pionowej i poziomej) oraz w 15.11 ( $\tau$  dla zginania w płaszczyźnie pionowej).

**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 wytrzymałości lokalnej na podstawie modeli MES z zastosowaniem elementów skończonych tarczowych, powłokowych i prętowych**

#### **14.7.1 Zastosowanie**

Obliczenia wytrzymałości lokalnej z zastosowaniem specjalnie opracowanych modeli MES mogą być wymagane do oceny wytrzymałości zginanych usztywnień poszycia i ich węzłówek – zwłaszcza w sytuacjach, gdy na wartości naprężeń w usztywnieniach istotny wpływ mają ugięcia wiązarów podpierających usztywnienia.

Obliczenia tego typu mogą być także wymagane do sprawdzenia wytrzymałości fundamentów maszyn, wyposażenia i uzbrojenia okrętu, konstrukcji kadłuba w rejonie różnych wycięć, otworów komunikacyjnych w poszyciu, itp.

#### **14.7.2 Wymagania dla modeli MES**

**14.7.2.1** Podział na elementy skończone powinien spełniać następujące wymagania:

- na wysokości środka usztywnienia należy stosować nie mniej niż 3 elementy tarczowe lub powłokowe;

- mocniki usztywnień symetrycznych można modelować z zastosowaniem elementów prętowych 2-węzłowych;
- mocniki usztywnień asymetrycznych oraz węzłówki usztywnień należy modelować z zastosowaniem elementów tarczowych lub powłokowych o wielkościach zbliżonych do elementów stosowanych w rejonie środków;
- przy modelowaniu poszycia z otworami (np. komunikacyjnymi) długości boków elementów skończonych w bezpośrednim sąsiedztwie otworu powinny być nie większe niż 200 mm;
- kształt i proporcje wymiarowe boków elementów skończonych powinny spełniać wymagania podane w 14.4.2.5;
- należy unikać gwałtownych zmian wymiarów boków elementów skończonych w tzw. strefach przejścia – od elementów o stosunkowo małych wymiarach do elementów znacznie większych.

### 14.7.3 Ocena wytrzymałości usztywnień z zastosowaniem modelu MES do obliczeń wytrzymałości strefowej

**14.7.3.1** Aby ocenić poziom sumarycznych naprężeń normalnych w usztywnieniach poszycia od zginania wiązarów i lokalnego zginania usztywnień, model MES w rejonie usztywnienia powinien spełniać wymagania podrozdziału 14.7.2.

W przeciwnym wypadku należy przeprowadzić osobne obliczenia naprężeń od zginania lokalnego, które należy dodać do naprężeń od zginania wiązarów. Można przy tym na ogół zastosować model belki zginanej dla usztywnień zginanych lokalnie.

### 14.7.4 Obciążenie i warunki brzegowe

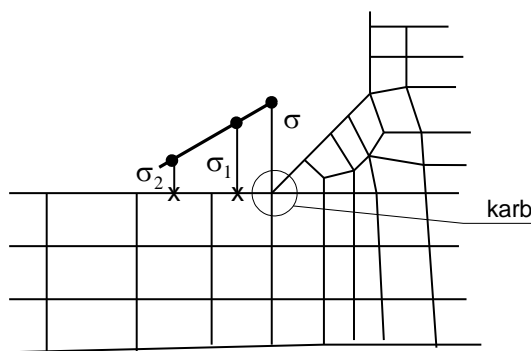
**14.7.4.1** Należy stosować się do zasad modelowania obciążeń podanych w 14.4.3.

**14.7.4.2** Warunki brzegowe należy określać w formie zadanych wartości przemieszczeń na brzegu modelu, które wynikają z analizy MES wytrzymałości strefowej – wg 14.4.

### 14.7.5 Naprężenia dopuszczalne

**14.7.5.1** Ocenie podlega poziom naprężeń obliczonych w wyniku rozwiązania modelu MES spełniającego wymagania podrozdziału 14.7.2.

W rejonie karbów naprężenia podlegające ocenie należy określić metodą ekstrapolacji liniowej – na podstawie wartości naprężeń w środkach dwóch, najbliższych karbu, elementów skończonych (rys. 14.7.5.1).



Rys. 14.7.5.1 Zasada ekstrapolacji wartości naprężeń

**14.7.5.2** W przypadku wzdłużnych usztywnień poszycia, przenoszących naprężenia normalne od zginania ogólnego lub skręcania kadłuba oraz naprężenia od zginania strefowego i od zginania lokalnego, ocenie podlega poziom naprężeń sumarycznych.

Sumowane są wprost (z uwzględnieniem znaków) naprężenia od obciążeń statycznych i naprężenia od obciążeń falowych przekraczanych z prawdopodobieństwem  $10^{-4}$ . Oznacza to, że w przypadku zginania ogólnego do obliczeń przyjmuje się 0,59 wartości momentu zginającego  $M_w$  określonego w 15.5, a obciążenie falowe do analizy zginania strefowego i lokalnego należy przyjąć wg 17.6.

**14.7.5.3** Wartości naprężeń dopuszczalnych w mocnikach usztywnień poszycia są następujące:

- naprężenia normalne od zginania lokalnego:  $\sigma = 160k$ , [MPa];
- sumaryczne naprężenia normalne od zginania lokalnego i strefowego:  $\sigma = 180k$ , [MPa];
- sumaryczne naprężenia normalne od zginania ogólnego, strefowego i lokalnego:  $\sigma = 225k$ , [MPa].

Średnie wartości naprężeń stycznych w środnikach usztywnień nie powinny być większe niż  $90k$ , [MPa].

**Uwaga:** powyższe wartości naprężeń dopuszczalnych mają także zastosowanie do stanów portowych (operacje przeładunkowe), gdzie można przyjąć zerowe wartości obciążeń falowych.

**14.7.5.4** Sprawdzenie wytrzymałości węzłówek usztywnień poszycia polega na ocenie poziomu naprężeń normalnych wzdłuż swobodnej krawędzi węzłówki, w środku długości.

Dopuszczalna wartość tych naprężeń z uwzględnieniem zginania lokalnego i strefowego usztywnień wynosi  $180k$ , [MPa]. Węzłówki spełniające powyższe kryterium nie muszą być sprawdzane dla obciążeń uwzględniających zginanie ogólne lub skręcanie kadłuba.

**Uwaga:** może być wymagane sprawdzenie poziomu naprężeń w rejonach końców węzłówek – ze względu na kryterium trwałości zmęczeniowej (patrz rozdział 16).

**14.7.5.5** Wartości naprężeń wyznaczone MES w obszarze innych karbów niż węzłówki usztywnień podlegają każdorazowo odrębnej ocenie PRS.

## 14.7.6 Raport z obliczeń MES

**14.7.6.1** Wymagany jest raport z obliczeń MES w zakresie identycznym, jak określony w 14.4.5.

---



## 15 WYTRZYMAŁOŚĆ WZDŁUŻNA KADŁUBA

### 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 (rozdział 14) ostateczne wymiary wiązań wzdłużnych powinny być takie, aby zostały spełnione wymagania niniejszego rozdziału w zakresie wytrzymałości wzdłużnej okrętu na zginanie i działanie sił poprzecznych. Niniejsze wymagania mają zastosowanie do stalowych kadłubów okrętów o nieograniczonym rejonie żeglugi. Okręty mające jedną lub więcej cech podanych niżej podlegają specjalnemu rozpatrzeniu:

- stosunki wymiarowe:  $L_0/B < 5$ ;  $B/H > 2,5$ ,
- współczynnik pełnotliwości  $\delta < 0,6$ ,
- nietypowa konstrukcja okrętu.

**15.1.1.2** 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.

**15.1.1.3** Wymiary wiązań wzdłużnych kadłuba uwzględnianych w wytrzymałości wzdłużnej okrętu powinny odpowiadać wymaganiom odnoszącym się do stateczności wiązań, podanym w 13.3.

**15.1.1.4** Przy odpowiednio dużej prędkości okrętu lub znacznym rozchyleniu burt w części dziobowej może być wymagane zwiększenie obliczeniowych wartości falowego momentu zginającego i siły poprzecznej, stosując wymagania 15.5.2.2 i 15.10.2.

Powyższa korekta oznacza zwiększenie wytrzymałości wzdłużnej w dziobowej części kadłuba.

**15.1.1.5** Wytrzymałość wzdłużna okrętów o względnie małej szerokości powinna odpowiadać wymaganiom podrozdziału 15.12.

**15.1.1.6** Dla okrętów z dużymi otworami w pokładzie może być wymagane uwzględnienie naprężeń normalnych i stycznych wywołanych łącznym oddziaływaniem zginania, skręcania i ścinania kadłuba oraz pochodzących od obciążeń miejscowych.

**15.1.1.7** Dla poszczególnych typów okrętów mogą być podane dodatkowe wymagania dotyczące wymiarów konstrukcji, uwzględniające specyfikę stanów załadowania i konstrukcji.

#### 15.1.2 Oznaczenia

$C_w$  – współczynnik falowy, określony zgodnie z 17.5.2.2

$I_n$  – moment bezwładności poprzecznego przekroju kadłuba dla poziomej osi obojętnej, [cm<sup>4</sup>]

$M_s$  – 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, [cm<sup>3</sup>]

$z_n$  – 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]

$\tau$  – dopuszczalne naprężenia styczne, [MPa]

$\sigma$  – dopuszczalne naprężenia zginające, [MPa]

## 15.2 Wskaźnik poprzecznego przekroju kadłuba

**15.2.1** Wskaźnik poprzecznego przekroju kadłuba określony dla poziomej osi obojętnej według zasad podanych w 15.7 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  $-0,2 L_0 \leq x \leq +0,2 L_0$ ,

$\sigma = 105k$ , [MPa], w rejonach:  $x \leq -0,4 L_0$  oraz  $x \geq +0,4 L_0$ .

Wartość  $\sigma$  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 okrętu 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  $\delta$  jako nie mniejszą niż 0,6.

Wartości  $C_{wo}$  są następujące:

– dla okrętów o długości  $L_0 \geq 100$  m:  $C_{wo} = C_w$ ,  $C_w$  – wg 17.5.2.2,

– dla okrętów o długości  $L_0 < 100$  m,

$$C_{wo} = 5,7 + 0,022 L_0, \quad \text{min. } 7,0;$$

– dla okrętów o ograniczonym rejonie żeglugi (patrz *Część I – Zasady sprawowania nadzorów i klasyfikacji*) współczynnik  $C_{wo}$  może być zmniejszony:

– dla rejonu **II** o 5%,

– dla rejonu **III** o 15%.

Minimalna wartość wskaźnika przekroju powinna być w zasadzie zachowana w rejonie  $-0,2 L_0 \leq x \leq 0,2 L_0$ . Może ona jednak być zmniejszana od owręża 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 środkowej części okrętu.

**15.2.3** W przypadku okrętów smukłych zachowanie wymaganego wskaźnika przekroju kadłuba w środkowej części okrętu 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 okrętu i przejście do kategorii stali oraz wymiarów wiązań w końcowych częściach okrętu będzie odpowiednie.

**15.2.4** Wymiary wiązań wzdłużnych poza środkową częścią okrętu mogą być stopniowo zmniejszane do wymiarów określonych z warunków wytrzymałości miejscowej dla skrajnych części okrętu. 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 okrętu.

**15.2.5** W przypadku okrętów bez wstawki cylindrycznej lub z długimi nadbudówkami w części środkowej mogą być dodatkowo wymagane bezpośrednie obliczenia MES naprężeń od zginania ogólnego wg zasad podanych w 14.6, przyjmując wartości  $M_s$  i  $M_w$  wg 15.4 i 15.5. Wartości  $\sigma$  podane w 15.2.1 należy przy tym traktować jako wartości dopuszczalne dla naprężeń normalnych w kierunku osi kadłuba.

### 15.3 Moment bezwładności poprzecznego przekroju kadłuba

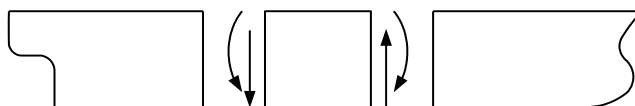
Moment bezwładności poprzecznego przekroju kadłuba powinien nie być mniejszy, niż moment obliczony wg wzoru:

$$I_n = 3C_w L_0^3 B(\delta + 0,7), \quad [\text{cm}^4] \quad (15.3)$$

### 15.4 Moment zginający na wodzie spokojnej

**15.4.1** Jako projektowe wartości momentów zginających kadłub okrętu na wodzie spokojnej należy przyjąć największe wartości w każdym poprzecznym przekroju kadłuba po długości okrętu otrzymane z obliczeń dla projektowych stanów załadowania. Należy przy tym uwzględnić realne stany pełnego i częściowego załadowania, realne ilości paliwa i zapasów przy wyjściu i wejściu do portu, jak również stany balastowe oraz stany dokowania.

**15.4.2** Dodatkowo zwroty momentów zginających i sił poprzecznych stosowane w niniejszej części *Przepisów* pokazano na rys. 15.4.2.



Rys. 15.4.2 Dodatkowo zwroty momentu zginającego i siły poprzecznej

**15.4.3** Dla okrętów o długości  $L_0 \geq 100$  m 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 okrętu nie mniejszą niż wartość obliczona wg wzoru:

$$M_{so} = M_{sou} = 0,065C_w L_0^2 B(\delta + 0,7), \quad [\text{kNm}] \quad (15.4.3-1)$$

w warunkach ugięcia, oraz wg wzoru:

$$M_{so} = M_{sow} = C_w L_0^2 B(0,1225 - 0,015\delta), \quad [\text{kNm}] \quad (15.4.3-2)$$

w warunkach wygięcia.

Jeżeli współczynnik pełnotliwości kadłuba jest mniejszy niż 0,6, w obliczeniach należy przyjąć  $\delta \geq 0,6$ .

Jeżeli podział przestrzenny okrętu daje małe możliwości różnicowania rozkładu ładunku i balastu, wartości  $M_{so}$  można nie uwzględniać przy określeniu podstawy wyznaczania wymiarów wiązań kadłuba.

**15.4.4** Jeżeli do przeprowadzenia analizy naprężeń lub kontroli stateczności wiązań wymagane jest określenie wartości momentów zginających,  $M_s$ , poza środkową częścią okrętu, to wartości te, w każdym rozpatrywanym poprzecznym przekroju kadłuba, o długości  $L_0 \geq 100$  m należy wyznaczać według 15.4.1, przy czym nie mogą one być mniejsze niż wartości obliczone według wzoru:

$$M_{sx} = k_{sm} M_{so}, \quad [\text{kNm}] \quad (15.4.4)$$

$M_{so}$  – wg 15.4.3,

$k_{sm} = 1,0$  w środkowej części okrętu 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.

**15.4.5** Minimalną wartość momentu zginającego kadłub o długości  $L_0 < 100$  m na wodzie spokojnej należy obliczać wg wzoru:

$$M_s = M_{so} = 0,006 L_0^3 B (\delta + 0,7), \quad [\text{kNm}] \quad (15.4.5)$$

Jeżeli wartość bezwzględna momentu zginającego kadłub na wodzie spokojnej,  $M_{sl}$ , obliczona wg wymagań 15.4.1 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,  $M_w$  dla okrętów typowych (tzn. o cechach innych niż określono to na końcu p. 15.1.1.1), w rejonie  $-0,1 L_0 < x < +0,15 L_0$  dla ujemnego momentu (w ugięciu) należy określać wg wzoru:

$$M_w = M_{wu} = -0,11 C_w L_0^2 B (\delta + 0,7), \quad [\text{kNm}] \quad (15.5.1-1)$$

a dla momentu dodatniego (w wygięciu) – wg wzoru:

$$M_w = M_{ww} = 0,19 C_w L_0^2 B \delta, \quad [\text{kNm}] \quad (15.5.1-2)$$

Należy przyjmować wartości:

$\delta \geq 0,6$ ;

$C_w$  – patrz 17.5.2.2.

W przypadku okrętów o cechach podanych w końcowej części p. 15.1.1.1 zalecane jest wyznaczenie obliczeniowych wartości  $M_w(x)$  metodą prognozowania długoterminowego, wykorzystując ogólne zalecenia podane w p. 17.2.2. Szczegóły metody obliczeń należy uzgodnić z PRS.

### 15.5.2 Rozkład wartości $M_w$ po długości okrętu

**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 okrętu, to przyjęte wartości  $M_{wx}$  powinny być nie mniejsze, niż wartości obliczone wg wzoru:

$$M_{wx} = k_{wm} M_w, \quad [\text{kNm}] \quad (15.5.2.1)$$

$k_{wm} = 1,0$  w rejonie  $-0,1L_0 \leq x \leq 0,15L_0$  – dla okrętów o długości  $L_0 \geq 100$  m,

$k_{wm} = 1,0$  w rejonie  $-0,1L_0 \leq x \leq 0,1L_0$  – dla okrętów o długości  $L_0 < 100$  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 okręt rozwija względnie dużą prędkość lub ma znaczne rozchylenie burt w części dziobowej, to we wzorze 15.5.2.1 dla rejonu  $x \geq 0,1 L_0$  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 A/2.2;

$F_{pd}$  – pole powierzchni rzutu części pokładu górnego na płaszczyznę poziomą z uwzględnieniem pokładu dziobówki, znajdującej się w rejonie o współrzędnych  $x \geq 0,3 L_0$ , [m<sup>2</sup>];

$F_{wd}$  – pole powierzchni części wodnicy przy zanurzeniu  $T$ , w rejonie o współrzędnych  $x \geq 0,3 L_0$ , [m<sup>2</sup>];

$z_{pd}$  – odległość pionowa od wodnicy konstrukcyjnej 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 okrętu 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  $C_{av}$ .

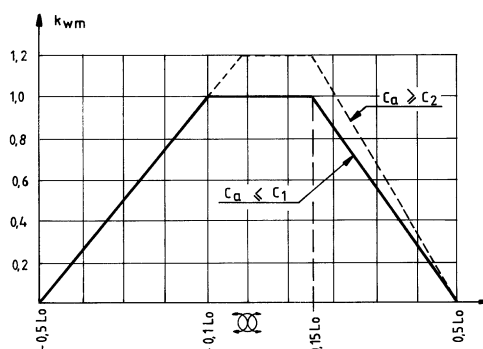
Poprawione wartości  $k_{wm}$  wynoszą:

- 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  $-0,02 L_0 \leq x \leq 0,15 L_0$ ,  
 $k_{wm} = 0,0$  dla  $x = -0,5 L_0$  i  $x = 0,5 L_0$ ,
- 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 okrętu

## 15.6 Zakres stosowania stali o podwyższonej wytrzymałości

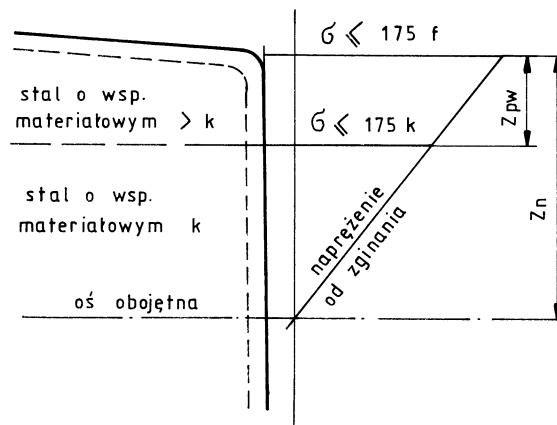
**15.6.1** Jeżeli zastosowano stal o podwyższonej wytrzymałości (określaną w dalszej części jako stal PW), to pionowy zakres jej stosowania, mierzony od dna lub pokładu ku osi obojętnej poprzecznego przekroju kadłuba, powinien być nie mniejszy od określonego według wzoru:

$$z_{pw} = z_n \frac{f - k}{f}, \quad [\text{m}] \quad (15.6.1)$$

$k$  – 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.



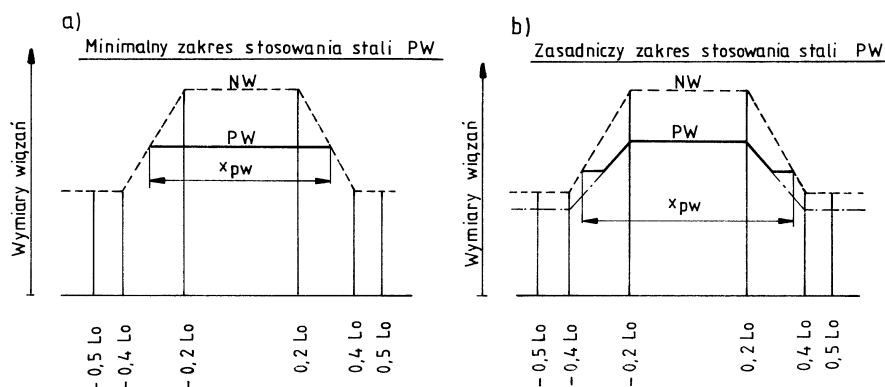
Rys. 15.6.1

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 od podanego na rys. 15.6.2.

Rys. 15.6.2a przedstawia przypadek stosowania wiązań ze stali PW w części środkowej okrętu ( $-0,2 L_0 \leq x \leq 0,2 L_0$ ) 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 o zwykłej wytrzymałości (określanej dalej jako stal NW).

Rys. 15.6.2b przedstawia przypadek stosowania wiązań ze stali PW również poza częścią środkową okrętu, 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.



Rys. 15.6.2

Wzdłużny zakres stosowania stali o podwyższonej wytrzymałości

## 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 sposób uzgodniony z PRS,
- 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  $-0,2 L_0 \leq x \leq +0,2 L_0$ ,
- redukcja wymiarów wiązań poza tym rejonem jest stopniowa,
- zmiana charakterystyk wytrzymałościowych zastosowanych stali spełnia wymagania podane w 15.6.

W przypadkach szczególnych, uwzględniając typ okrętu, kształt kadłuba oraz stany załadowania, wymiary wiązań można stopniowo zmniejszać ku końcom środkowej części okrętu ( $-0,2 L_0 \leq x \leq +0,2 L_0$ ), mając na uwadze dążenie do nie obniżania ładunkowej elastyczności okrętu.

**15.7.1.2** Rzeczywisty wskaźnik przekroju kadłuba należy zasadniczo obliczać w odniesieniu do płaszczyzny podstawowej i do linii konstrukcyjnej pokładu wytrzymałościowego przy burcie.

Dla okrętów z ciągłymi wzdłużnymi zrębnicami luków lub innymi ciągłymi wiązaniami powyżej pokładu wytrzymałościowego, efektywnie podpartego przez grodzie wzdłużne lub podpory, przepisywany wskaźnik przekroju należy odnieść do linii położonej powyżej osi obojętnej, w odległości określonej wg wzoru:

$$z_t = (z_n + z_a) \left(0,9 + 0,2 \frac{y_a}{B}\right), \quad [\text{m}] \quad (15.7.1.2)$$

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 okrętu, [m].

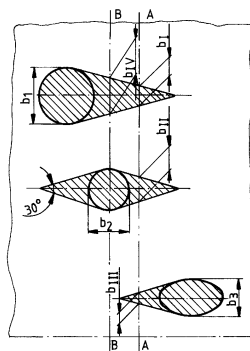
Współrzędne  $y_a$  i  $z_a$  punktu powinny być tak dobrane, aby otrzymana wartość  $z_t$  była największa.

### 15.7.2 Określenie wpływu otworów oraz nadbudówek/pokładówek 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 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 nie powinna ponadto przekraczać 75 mm), zaś odległość między pojedynczymi otworami lub grupami otworów mierzona wzdłuż usztywnienia (wiązara) powinna być nie mniejsza od dziesięciokrotnej wysokości otworu. Sumaryczna szerokość małych otworów w jednym przekroju poprzecznym dna lub pokładu, równa wartości  $0,06(B - \Sigma b_i)$  ( $\Sigma b_i$  – suma szerokości otworów), może być uważana jako równoważna określonemu powyżej zmniejszeniu wskaźnika przekroju.





Rys. 15.7.2.2

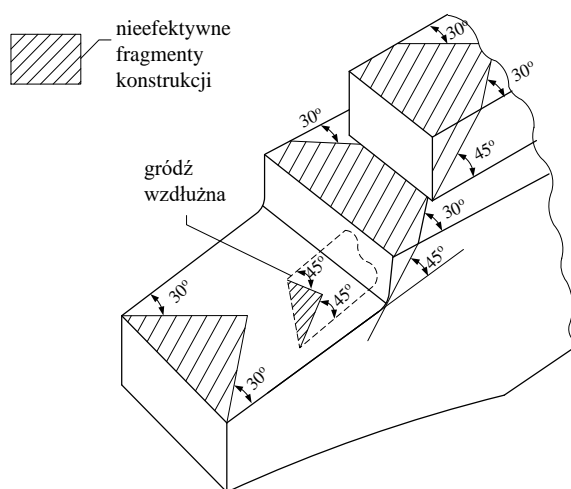
Przykłady określania wpływu otworów na efektywną powierzchnię przekroju

**15.7.2.3** Przyjmuje się, że pominięte mogą być otwory, które rozmieszczone są w przybliżeniu symetrycznie względem płaszczyzny symetrii okrętu i nie przecinają żadnego ciągłego usztywnienia lub wiązara wzdłużnego uwzględnionego w obliczeniach pola przekroju kadłuba w środkowej części okrętu.

**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. Możliwe jest 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  $30^\circ$  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:  $b_{B-B} = b_2 + b_{IV}$ .

**15.7.2.6** Sposób określania efektywnych fragmentów nadbudówek/pokładówek oraz grodzi wzdłużnych przy określaniu przekrojów poprzecznych kadłuba do obliczania wskaźnika przekroju i momentu bezwładności wyjaśniono na rys. 15.7.2.6.



Rys. 15.7.2.6

Efektywne fragmenty nadbudówek/pokładówek i grodzi wzdłużnych



## 15.8 Wytrzymałość kadłuba na działanie sił poprzecznych

### 15.8.1 Zastosowanie

**15.8.1.1** Wytrzymałość na ścinanie kadłubów o burtach pojedynczych w warunkach zginania ogólnego jest wystarczająca, gdy grubość poszycia jest nie mniejsza od obliczonej ze wzoru 15.11.1.

**15.8.1.2** Wytrzymałość na ścinanie w warunkach zginania ogólnego kadłubów z grodziami wzdłużnymi należy sprawdzać poprzez wyznaczenie wartości naprężeń stycznych w poszczególnych punktach przekroju poprzecznego kadłuba wywołanych siłą  $Q_s + Q_w$  ( $Q_s$  – wg 15.9.1;  $Q_w$  – wg 15.10).

W obliczeniach można zastosować teorię zginania belek cienkościennych.

Obliczona maksymalna wartość naprężeń stycznych nie powinna być większa niż  $\tau = 110k$ , MPa.

**15.8.1.3** Sprawdzenie wytrzymałości na ścinanie w zakresie wymaganym w 15.8.1.2 może być wykonane w ramach analizy MES wg wymagań podanych w 14.4, dla wartości  $Q_s$ ,  $Q_w$  i  $\tau$  jak w 15.8.1.2.

## 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 okrętu, z uwzględnieniem stanów załadowania i stanów balastowych omówionych w 15.4.1. Określenie znaków – patrz rys. 15.4.2.

### 15.9.2 Rozkład sił poprzecznych po długości okrętu

Obliczeniowe wartości sił poprzecznych na wodzie spokojnej, obliczone według 15.9.1, powinny spełniać następujący warunek:

$$Q_s \geq k_s Q_{so}, \quad [\text{kN}] \quad (15.9.2-1)$$

$$Q_{so} = \frac{5M_{so}}{L_0}, \quad [\text{kN}] \quad (15.9.2-2)$$

$M_{so}$  – moment zginający na wodzie spokojnej – patrz 15.4.3 lub 15.4.5, [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 i przeznaczenie okrętu daje małe możliwości różnicowania rozkładu zapasów, 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 okrętu typowego (tzn. o cechach innych niż określono to na końcu 15.1.1.1) należy obliczać wg wzorów:

$$Q_{wp} = 0,3k_p C_w L_0 B(\delta+0,7), \quad [\text{kN}] \quad (15.10.1-1)$$

$$Q_{wn} = -0,3k_n C_w L_0 B(\delta+0,7), \quad [\text{kN}] \quad (15.10.1-2)$$

$Q_{wp}$  – 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.

Umowa w zakresie znaków – patrz rys. 15.4.2.

$$k_p = 0 \quad \text{dla} \quad x = -0,5 L_0 \text{ i } x = +0,5 L_0,$$

$$k_p = \frac{1,59\delta}{\delta + 0,7} \quad \text{dla} \quad -0,3 L_0 \leq x \leq -0,2 L_0,$$

$$k_p = 0,7 \quad \text{dla} \quad -0,1 L_0 \leq x \leq +0,1 L_0,$$

$$k_p = 1,0 \quad \text{dla} \quad 0,2 L_0 \leq x \leq +0,35 L_0.$$

W rejonach pośrednich wartości  $k_p$  zmieniają się liniowo (patrz rys.15.10.1).

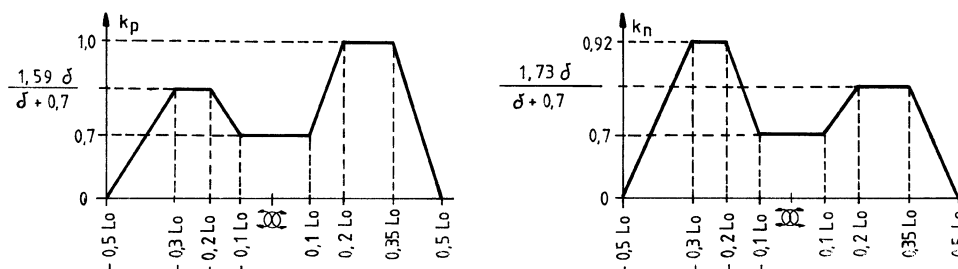
$$k_n = 0 \quad \text{dla} \quad x = -0,5 L_0 \text{ i } x = +0,5 L_0,$$

$$k_n = 0,92 \quad \text{dla} \quad -0,3 L_0 \leq x \leq -0,2 L_0,$$

$$k_n = 0,70 \quad \text{dla} \quad -0,1 L_0 \leq x \leq +0,1 L_0,$$

$$k_n = \frac{1,73\delta}{\delta + 0,7} \quad \text{dla} \quad 0,2 L_0 \leq x \leq 0,35 L_0.$$

W rejonach pośrednich wartości  $k_n$  zmieniają się liniowo (patrz rys.15.10.1).



Rys. 15.10.1 Współczynniki  $k_p$  i  $k_n$

W przypadku okrętów o cechach podanych w końcowej części p. 15.1.1.1 zalecane jest wyznaczenie obliczeniowych wartości  $Q_{wp}(x)$  i  $Q_{wn}(x)$  metodą prognozowania długoterminowego, wykorzystując ogólne zalecenia podane w p. 17.2.2. Szczegóły metody obliczeń należy uzgodnić z PRS.

**15.10.2** Dla okrętów rozwijających odpowiednio duże prędkości lub mających znaczne rozchylenie burt w części dziobowej, we wzorach 15.10.1–1 i 15.10.1–2 należy stosować 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:

$$\text{dla } C_a < c_1 \text{ i } C_a > c_2 \quad r = 1,0 \quad \text{w rejonie } -0,5 L_0 \leq x \leq +0,5 L_0;$$

$$\text{dla } c_1 \leq C_a \leq c_2 \quad r = 1,0 \quad \text{w rejonie } x \leq +0,1 L_0,$$

$$r = 1,2 \quad \text{w rejonie } 0,2 L_0 \leq x \leq 0,35 L_0,$$

$$r = 1,0 \quad \text{w przekroju } x = 0,5 L_0.$$

Dla pośrednich wartości  $C_a$  oraz  $x$ , 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 okrętach 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:

$$t = \frac{0,5(Q_s + Q_w)}{\tau} \frac{S_n}{I_n} 10^2, \quad [\text{mm}] \quad (15.11.1)$$

gdzie:

- $\tau$  = 110k, [MPa], jeżeli z wymagań w zakresie stateczności konstrukcji nie wynika mniejsza wartość,  
 $S_n$  – moment statyczny względem osi obojętnej tej części powierzchni przekroju wzdłużnych wiązań kadłuba, która znajduje się między poziomem gdzie obliczamy naprężenia styczne, a skrajnym punktem efektywnego przekroju wiązań po stronie rozpatrywanego przekroju, [cm<sup>3</sup>],  
 $I_n$  – moment bezwładności względem osi obojętnej powierzchni przekroju wzdłużnych wiązań kadłuba, [cm<sup>4</sup>].

Przy obliczaniu  $t$  na poziomie osi obojętnej można przyjmować  $\frac{S_n}{I_n} = \frac{1}{90H}$ .

**15.11.2** W przypadku kadłubów z grodziami wzdłużnymi obowiązuje sprawdzenie wytrzymałości na działanie sił poprzecznych wg wymagań 15.8.1.2 lub 15.8.1.3.

## 15.12 Zginanie kadłuba w płaszczyźnie poziomej

**15.12.1** W przypadku okrętów o długości  $L_0 \geq 100$  m wskaźnik przekroju kadłuba w części środkowej okrętu określony względem pionowej osi obojętnej powinien być nie mniejszy niż wskaźnik obliczony wg wzoru:

$$W_{0h} = \frac{5}{k} L_0^{9/4} (T + 0,3B)\delta, \quad [\text{cm}^3] \quad (15.12.1)$$

**15.12.2** Wymagania 15.2.1 nie muszą być spełnione, jeżeli spełniony będzie warunek:

$$\sigma_s + \sqrt{\sigma_w^2 + \sigma_{wh}^2} \leq 195k, \quad [\text{MPa}] \quad (15.12.2)$$

gdzie:

- $\sigma_s$  – naprężenia od zginania ogólnego momentem  $M_s$  wyznaczonym wg 15.4, [MPa];  
 $\sigma_w$  – naprężenia od zginania ogólnego momentem  $M_w$  wyznaczonym wg 15.5, [MPa];  
 $\sigma_{wh}$  – naprężenia od zginania ogólnego w płaszczyźnie poziomej momentem  $M_{wh}$  wyznaczonym wg 15.12.3, [MPa].

Warunek 15.12.2 należy sprawdzić dla poszycia na oble kadłuba i dla połączenia burty z pokładem wytrzymałościowym.

**15.12.3** Poziomy falowy moment zginający  $M_{wh}$  należy wyznaczać według wzoru:

$$M_{wh} = 0,22L_0^{9/4} (T + 0,3B\delta) \left( 1 + \cos \frac{2\pi x}{L_0} \right), \quad [\text{kNm}] \quad (15.12.3)$$

$x$  – współrzędna wg rys. A/2.3.1.

## 15.13 Skręcanie kadłuba

### 15.13.1 Zakres zastosowania

**15.13.1.1** W przypadku kadłubów okrętów z względnie szerokimi otworami w pokładzie wytrzymałościowym PRS może wymagać sprawdzenia wytrzymałości i sztywności kadłuba z uwzględnieniem skręcania.

**15.13.1.2** Analiza wytrzymałości w zakresie jak w 15.13.1.1 jest zawsze wymagana w sytuacji, gdy wymiary otworów lukowych w pokładzie wytrzymałościowym spełniają warunki:

$$\frac{b}{B_1} > 0,6$$
$$\frac{l}{l_m} > 0,7$$
(15.13.1.2)

gdzie:

$b$  – szerokość luków, mierzona między skrajnymi po obu burtach wzdłużnymi zrębnicami otworów lukowych, [m];

$B_1$  – szerokość pokładu wytrzymałościowego mierzona w środku długości luku, [m];

$l$  – długość otworu lukowego, [m];

$l_m$  – wzdłużna odległość pomiędzy środkami poprzecznych międzylukowych pasów pokładu (przewiązek) przylegających do rozpatrywanego luku, [m].

### 15.13.2 Metoda analizy i obciążenia obliczeniowe

**15.13.2.1** Należy wyznaczyć odkształcenia i naprężenia normalne w rejonie pokładu wytrzymałościowego, dla okrętu ustawionego ukośnie w stosunku do fali, gdzie występują wymienione niżej obciążenia i odkształcenia kadłuba.

Ocenie wg kryteriów podanych w 15.13.4 podlegają wartości naprężeń normalnych  $\sigma$  i deformacji kadłuba pod łącznym działaniem następujących obciążeń:

- zginanie ogólne kadłuba w płaszczyźnie pionowej, na wodzie spokojnej i na fali,
- zginanie ogólne kadłuba w płaszczyźnie poziomej (na fali),
- skręcanie kadłuba na wodzie spokojnej i na fali,
- zginanie strefowe pasów pokładów przy burtach wskutek oddziaływania wody zaburtowej.

**15.13.2.2** Obliczenia można na ogół wykonać stosując model belki zginanej – do analizy zginania ogólnego kadłuba i model skręcania skrępowanego pręta cienkościennego – do analizy skręcania kadłuba.

Należy przy tym uwzględnić skrępowanie otwartej części kadłuba (z szerokimi otworami w pokładzie) przez części kadłuba położone poza częścią otwartą.

W obliczeniach można stosować się do wymagań podanych w *Publikacji 24/P – Analiza wytrzymałości kadłuba kontenerowca*.

**15.13.2.3** W przypadku kadłubów o małej wartości współczynnika pełnotliwości zalecane jest wykonanie obliczeń MES stosując zalecenia dotyczące modelu obliczeniowego podane w 14.4. Model obliczeniowy powinien obejmować konstrukcję całego kadłuba okrętu.

### 15.13.3 Moment skręcający kadłub

**15.13.3.1** Całkowity moment skręcający kadłub,  $M_t$ , jest sumą momentu skręcającego na wodzie spokojnej,  $M_{tc}$ , i falowego momentu skręcającego,  $M_{tw}$ , o wartości odpowiadającej prawdopodobieństwu jego przewyższenia równemu  $10^{-8}$ .

**15.13.3.2** Wartości  $M_{tc} \neq 0$  należy stosować tylko w sytuacjach, gdy położenie zbiorników balastowych i zapasów oraz przestrzeni ładunkowych i magazynowych umożliwia asymetryczny rozkład całkowitego ciężaru okrętu o istotnych wartościach. Wartości  $M_{tc}(x)$  należy wyznaczać dla najbardziej niekorzystnych realnych rozkładów ciężaru.

W przypadku okrętów, gdzie podział przestrzenny i złożony sposób eksploatacji uniemożliwia wygenerowanie istotnych wartości  $M_{tc}$ , można przyjmować  $M_{tc}(x) = 0$ .

**15.13.3.3** Falowy moment skręcający,  $M_{tw}$ , składa się z dwóch składników:  $M_{tw1}$  i  $M_{tw2}$ , obliczanych wg wzorów:

$$M_{tw1} = 126K_2C_wBL_0^2(\delta\alpha_1(x) - 0,5\alpha_3(x)) \cdot 10^{-3}, \text{ [kNm]} \quad (15.3.3.3-1)$$

$$M_{tw2} = 63C_w B L_0^2 K_1 \alpha_2(x) \cdot 10^{-3}, \text{ [kNm]} \quad (15.3.3.3-2)$$

gdzie:

$$K_1 = 2x_1 x_0 (1 + 3,6(C_{WL} - 0,7)) \frac{B}{L_0};$$

$$K_2 = 10x_2 \frac{T}{L_0} \frac{e}{B};$$

$$x_1 = 1 - 8 \frac{T}{L_0};$$

$$x_2 = 1 - 4 \frac{T}{L_0};$$

$$x_0 = 1 - 4C_{WL} \frac{B}{L_0};$$

$C_{WL}$  – współczynnik pełnotliwości wodnicy konstrukcyjnej,

$e$  – pionowa odległość od środka skręcania przekroju kadłuba na owręzu do punktu na wysokości  $0,6T$  powyżej płaszczyzny podstawowej, [m],

$C_w$  – współczynnik falowy, określony według 17.5.2.2,

$$\alpha_1(x) = \sin \frac{2\pi x}{L_0};$$

$$\alpha_2(x) = \frac{1}{2} \left( 1 - \cos \frac{2\pi x}{L_0} \right);$$

$$\alpha_3(x) = \sin \frac{3\pi x}{L_0};$$

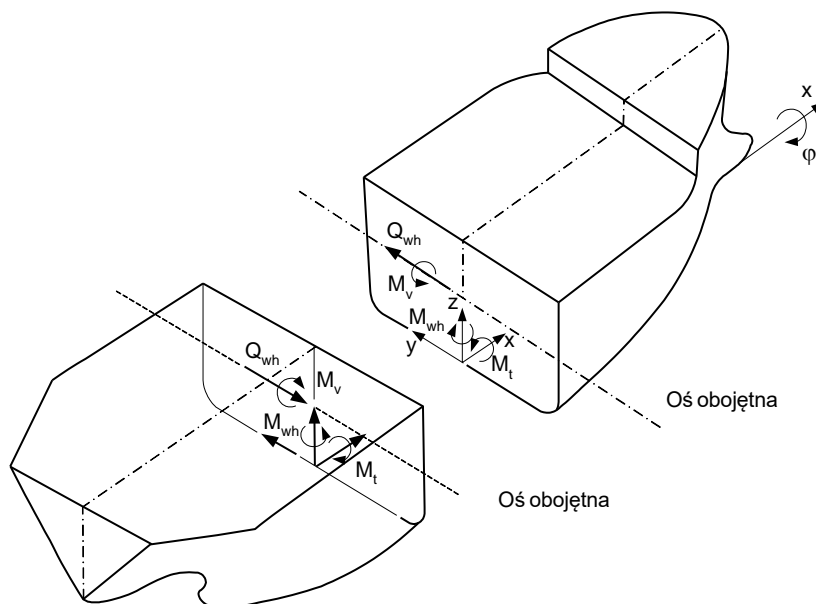
$x$  – odległość od pionu rufowego (patrz oś  $x$  na rys. 15.13.3.5, [m].

**15.13.3.4** W obliczeniach naprężeń i odkształceń w kadłubie z uwzględnieniem skręcania należy rozpatrzyć następujące dwa rozkłady, wzdłuż osi okrętu, całkowitego momentu skręcającego okręt:

$$\begin{aligned} M_t &= M_{tw1} + M_{tw2} + M_{tc} \\ M_t &= M_{tw1} - M_{tw2} - M_{tc} \end{aligned} \quad (15.13.3.4)$$

Zwrot  $M_t$  należy przyjmować zgodnie z rys. 15.13.3.5.

**15.13.3.5** Dodatnie zwroty momentu skręcającego i pozostałych sił wewnętrznych pokazano na rys. 15.13.3.5.



Rys. 15.13.3.5

Dodatknie zwroty sił wewnętrznych w kadłubie

### 15.13.4 Kryteria wytrzymałości i sztywności

**15.13.4.1** Naprężenia sumaryczne  $\sigma_{tot}$  w pokładzie wytrzymałościowym i w ciągłej wzdłużnej zębownicy luku, obliczane metodą określoną w 15.13.2.2 powinny spełniać warunki:

$$\sigma_{tot} = \sigma_s + \sigma_{tc} + \sigma_{bc} + 0,35\sigma_w + 0,59(\sigma_{wh} + \sigma_{wt} + \sigma_{bw}) + \sigma_{bp} \leq 195k, \text{ [MPa]} \quad (15.13.4.1-1)$$

$$\sigma_{tot} = \sigma_s + \sigma_{tc} + \sigma_{bc} + 0,6\sigma_w + \sigma_{wt} + \sigma_{bw} \leq 175k, \text{ [MPa]} \quad (15.13.4.1-2)$$

gdzie:

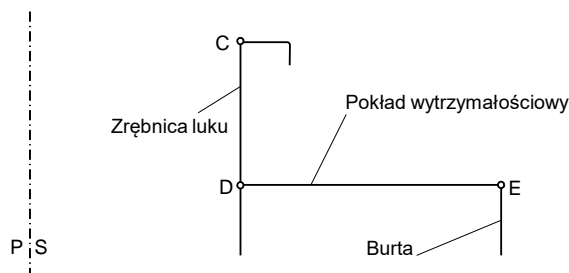
- $\sigma_s$  – naprężenia od ogólnego zginania kadłuba na wodzie spokojnej, obliczone dla wartości momentu zginającego określonego wg 15.4;
- $\sigma_{tc}$  – naprężenia wywołane skręcaniem skrępowanym kadłuba momentem  $M_{tc}$  (patrz 15.13.3);
- $\sigma_{bc}$  – naprężenia wywołane zginaniem pokładu w płaszczyźnie poziomej wskutek oddziaływania przewiązek międzylukowych odkształcanych w związku z deplanacją przekrojów poprzecznych kadłuba, wywoływana przez  $M_{tc}$ ;
- $\sigma_w$  – naprężenia od ogólnego zginania kadłuba momentem falowym  $M_w$  wyznaczanym wg 15.5;
- $\sigma_{wh}$  – naprężenia od ogólnego zginania kadłuba w płaszczyźnie poziomej momentem  $M_{wh}$  wyznaczanym wg 15.12.3;
- $\sigma_{wt}$  – naprężenia wywołane skręcaniem skrępowanym kadłuba momentem  $M_{tw}$  (patrz 15.13.3.3);
- $\sigma_{bw}$  – jak  $\sigma_{bc}$  ale od momentu  $M_{tw}$ ;
- $\sigma_{bp}$  – naprężenia wywołane zginaniem pokładu w płaszczyźnie poziomej, wskutek ciśnień działających na burty kadłuba.

**Uwaga:** naprężenia  $\sigma_{tc}$  i  $\sigma_{wt}$  uwzględniają wpływ poprzecznych przewiązek międzylukowych na wartości bimomentów w przekrojach poprzecznych kadłuba.

Naprężenia  $\sigma_{tot}$  powinny być wyznaczone w punktach C, D, E pokazanych na rys. 15.13.4.1, na obu burtach okrętu, w następujących przekrojach poprzecznych kadłuba:

- w końcowych przekrojach części kadłuba z szerokimi otworami lukowymi;
- w przekrojach wręgowych w środkach dużych otworów w pokładzie;

- w przekrojach wręgowych, w których leżą skrajne krawędzie poprzecznych przewiązek międzylukowych.



Rys. 15.13.4.1

Wyznaczając  $\sigma_{tot}$ , składowe naprężenia  $\sigma$  należy przyjmować z następującymi znakami:

- znak  $\sigma_s$  jest adekwatny do znaku momentu  $M_s$ . Jeśli w rozpatrywanym stanie okręt pływa w ugięciu, to  $\sigma_s < 0$ . W przypadku wygięcia okrętu,  $\sigma_s > 0$ ;
- znak  $\sigma_w$  należy przyjąć taki sam jak znak  $\sigma_s$ ;
- składowa  $M_{tw1}$  momentu skręcającego, z założenia dodatnia, ma zwrot zgodny z rys. 15.13.3.5. Naprężenia  $\sigma_{wh}$ , których znak wynika z wzajemnej relacji pomiędzy znakami  $M_{wh}$  a  $M_{tw1}$ , należy przyjąć jako naprężenia rozciągające poszycie prawej burty i ściskające poszycie lewej burty;
- wyznaczając  $\sigma_{ic}$  i  $\sigma_{wt}$  należy stosować zwrot  $M_t$  zgodnie z rys. 15.13.3.5. Należy pamiętać o tym, aby uwzględnić dwa rozkłady  $M_t$  zgodnie z 15.13.3.4;
- znaki  $\sigma_{bc}$  i  $\sigma_{bw}$  odpowiadają wprost zwrotom sił poprzecznych w przewiązkach poprzecznych, które z kolei wynikają z przyjętego zwrotu momentu skręcającego  $M_t$ ;
- znak  $\sigma_{bp}$  wynika z analizy zginania burt ciśnieniem działającym z zewnątrz.

**15.13.4.2** W przypadku obliczeń MES wg 15.13.2.3, należy zastosować odpowiednie obciążenia modelu, aby wprost wyznaczyć  $\sigma_{tot}$  odpowiadające składowym naprężeniom występujących we wzorach 15.13.4.1-1 i -2.

Dopuszczalne, na ogół, jest modelowanie wartości  $M_s$ ,  $M_w$ ,  $M_{tc}$ ,  $M_{tw}$  i  $M_{wh}$  w formie odpowiednio dobranych wartości obciążeń ciągłych, działających w płaszczyznach burt i w płaszczyźnie poziomej.

**15.13.4.3** Różnica długości przekątnych otworów lukowych o wymiarach spełniających warunki podane w 15.13.1.2, spowodowana deformacją kadłuba pod wpływem momentu skręcającego określonego w 15.13.3, nie może przekroczyć 25 mm.

W przypadku otworów mniejszych, dopuszczalne ich deformacje w warunkach skręcania podlegają specjalnemu rozpatrzeniu przez PRS – z uwzględnieniem ograniczeń wynikających z konstrukcji pokryw lukowych i z systemu ich uszczelnienia.

## 15.14 Kontrola obciążenia kadłuba

### 15.14.1 Instrukcja kontroli obciążenia okrętu

**15.14.1.1** Wszystkie okręty o długości większej niż 65 m powinny być wyposażone w dokument zwany *Instrukcją kontroli obciążenia okrętu*.

W uzasadnionych przypadkach PRS może wymagać opracowania takiego dokumentu dla okrętów krótszych niż 65 m.

**15.14.1.2** Instrukcja kontroli obciążenia powinna zawierać następujące informacje:

- dopuszczalne wartości obciążeń lokalnych konstrukcji ciężarem zapasów lub ładunku (obciążenie dna wewnętrznego, pokładów i platform, pokryw lukowych, itp.);



- dopuszczalne parametry transportowanych pojazdów (dopuszczalne naciski na oś i minimalne wymiary odcisku pojedynczego koła, minimalna szerokość gąsienic pojazdu i obciążenie gąsienicy w kN/m<sup>2</sup>) i śmigłowców (maksymalna masa startowa).

**15.14.1.3** W przypadku okrętów, na których istnieje możliwość różnorodnego rozmieszczania, w kierunku wzdłużnym i poprzecznym, znacznych mas zapasów lub ładunku może być także wymagane podanie w *Instrukcji kontroli obciążenia okrętu* następujących informacji:

- zalecane typowe stany załadowania oraz dopuszczalne wartości momentów gnących, sił poprzecznych i momentów skręcających (jeżeli skręcanie jest istotne) na wodzie spokojnej;
- wyniki obliczeń momentów zginających, sił poprzecznych i momentów skręcających, w formie tabel i wykresów;
- plan ładowania okrętu (sekwencje załadunku/wyładunku od momentu jego rozpoczęcia do osiągnięcia dopuszczalnej ładowności) – dla typowych zalecanych stanów załadowania.

### 15.14.2 Przyrząd kontroli obciążenia okrętu

**15.14.2.1** W przypadku okrętów o cechach wymienionych w 15.14.1.3 może być wymagane wyposażenie okrętu w przyrząd kontroli obciążenia (kalkulator ładunkowy). Jest to komputer z oprogramowaniem pozwalającym obliczyć wartości sił wewnętrznych w kadłubie, dla zadanego rozkładu mas zapasów i ładunku, oraz porównać wartości tych sił z ich wartościami dopuszczalnymi.

Do kalkulatora ładunkowego powinna być dołączona instrukcja obsługi.

Kalkulator ładunkowy wraz z instrukcją obsługi podlega zatwierdzeniu przez PRS.

### 15.15 Nośność graniczna kadłuba

**15.15.1** W przypadku okrętów o długości  $L_0 > 60$  m należy spełnić następujące kryterium nośności granicznej, w przekrojach poprzecznych w przedziale  $-0,25L_0 \leq x \leq 0,25L_0$ :

$$|\gamma_s M_s + \gamma_w M_w| \leq \left| \frac{M_{gr}}{\gamma_m} \right| \quad (15.15.1)$$

gdzie:

$M_s$  – moment zginający na wodzie spokojnej wyznaczony wg zasad określonych w p. 15.4, [kNm];

$M_w$  – falowy moment zginający wyznaczony wg zasad określonych w p. 15.5, [kNm];

$\gamma_s = 1,0$  – cząstkowy współczynnik bezpieczeństwa;

$\gamma_w = 1,25$  – cząstkowy współczynnik bezpieczeństwa;

$M_{gr}$  – graniczna wartość momentu zginającego obliczona wg zasad określonych w Załączniku Z1, [kNm];

$\gamma_m = 1,1$  – cząstkowy współczynnik bezpieczeństwa.

PRS może wymagać sprawdzenia kryterium wytrzymałości określonego w formie nierówności 15.15.1, także poza rejonem określonym wyżej – w przypadkach konstrukcji kadłuba uznanej za nietypową.

**15.15.2** Wartości  $M_{gr}$  stosowane w równaniu 15.15.1 mogą być alternatywnie obliczone metodą opisaną w p. 6.3.4.4 w Części C.

## 16 WYTRZYMAŁOŚĆ ZMĘCZENIOWA KADŁUBA

### 16.1 Postanowienia ogólne

**16.1.1** W przypadku konstrukcji kadłuba wykonanych ze stali o podwyższonej wytrzymałości, ze stopów aluminium lub konstrukcji uznanych za nietypowe, PRS może wymagać wykonania i przedłożenia do wglądu analizy trwałości zmęczeniowej wskazanych (wybranych) węzłów konstrukcyjnych kadłuba.

**16.1.2** Analiza trwałości zmęczeniowej powinna przede wszystkim być wykonywana dla elementów konstrukcji kadłuba takich jak:

- połączenia wzdłużnych usztywnień poszycia burt, dna i pokładów z wiązarami lub grodziami poprzecznymi;
- węzłówki wiązarów wzdłużnych i poprzecznych;
- krawędzie otworów i wycięć w wiązarach;
- naroża luków pokładu wytrzymałościowego,
- zakończenia wzdłużnych zrębnic luków pokładu wytrzymałościowego.

### 16.2 Metoda analizy trwałości zmęczeniowej i kryteria

**16.2.1** Analizę trwałości zmęczeniowej należy wykonywać zgodnie z wymaganiami *Publikacji 45/P – Analiza wytrzymałości zmęczeniowej stalowego kadłuba statku*.

Poniżej, w p. 16.2.2 do 16.2.10, podano ogólne zasady analizy, zgodne ze stosowanymi w wymiejnionej wyżej *Publikacji PRS*.

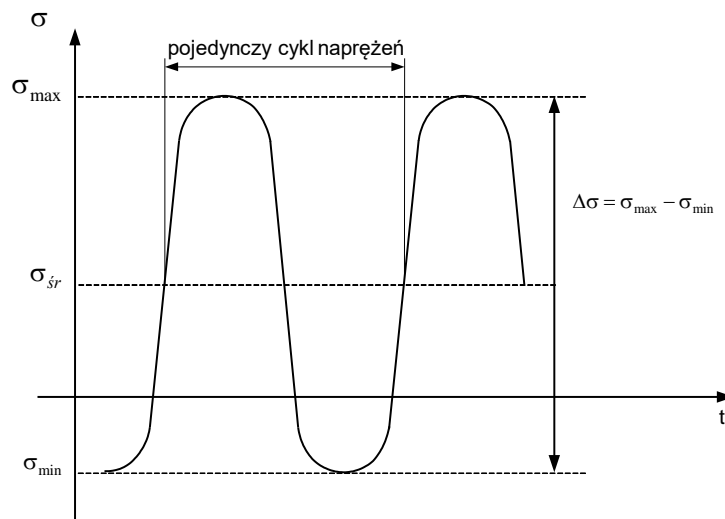
Konstrukcje ze stopów aluminium będą rozpatrywane przez PRS odrębnie.

**16.2.2** W analizie trwałości zmęczeniowej należy uwzględnić zmienne w czasie (pulsujące) naprężenia w konstrukcji kadłuba okrętu wywołane przez siły bezwładności ładunku, zapasów, wyposażenia i konstrukcji okrętu, generowane w warunkach ruchu okrętu na fali przez ciśnienie dynamiczne wody.

**16.2.3** Wpływ, na trwałość zmęczeniową, zmiennych naprężeń powstających podczas drgań konstrukcji wymuszanych przez układ napędowy okrętu, silniki pomocnicze, maszyny i urządzenia zainstalowane na okręcie, a także naprężeń spowodowanych obciążeniami udarowymi w formie slemingu i sloshingu, podlega odrębnemu rozpatrzeniu przez PRS.

W analizie trwałości zmęczeniowej uwzględniane są cykle naprężeń w miejscach zagrożonych pękaniem zmęczeniowym. Podstawowe znaczenie ma wartość zakresu naprężeń,  $\Delta\sigma$ , (rys. 16.2.3). skorygowana ze względu na wartość grubości blach rozpatrywanego elementu konstrukcyjnego i wartości średnich naprężeń  $\sigma_{sr}$  w cyklu.

Korektę  $\Delta\sigma$  należy wykonać wg wymagań ww. *Publikacji 45/P*.



Rys. 16.2.3

Definicja cyklu naprężeń i zakresu naprężeń

**16.2.4** Analiza trwałości zmęczeniowej może być wykonywana na podstawie wartości zakresów naprężeń nominalnych lub geometrycznych.

Naprężenia nominalne są obliczane metodami wytrzymałości materiałów, z zastosowaniem modeli prętowych lub belkowych.

Naprężenia geometryczne są obliczane z użyciem modeli MES z zastosowaniem specjalnej procedury ekstrapolacji wartości naprężeń.

Wymagania dotyczące modeli MES i ekstrapolacji naprężeń podano w ww. *Publikacji 45/P*.

**16.2.5** Obciążenia dynamiczne (falowe), stosowane do obliczania naprężeń wymienionych w 16.2.4, należy wyznaczyć wg formuł podanych w rozdziałach 15 i 17.

Obciążenia te mają zastosowanie do okrętów nieograniczonego rejonu żeglugi.

Zakres naprężeń,  $\Delta\sigma$ , można na ogół obliczać jako podwojoną wartość naprężeń odpowiadających obciążeniom falowym.

Zakłada się, że rozkład prawdopodobieństwa zakresów naprężeń określony jest rozkładem Weibulla:

$$\Pr(\Delta\sigma \geq \Delta\sigma_0) = e^{-\left(\frac{\Delta\sigma_0}{a}\right)^\xi} \quad (16.2.5)$$

gdzie:

$\Pr(\Delta\sigma \geq \Delta\sigma_0)$  – prawdopodobieństwo zdarzenia, że  $\Delta\sigma \geq \Delta\sigma_0$ .

$\xi$  – parametr bezwymiarowy; w obliczeniach można przyjmować  $\xi = 1,0$ ;

$$a = \frac{\Delta\sigma_R}{(\ln N_R)^{1/\xi}}$$

$\Delta\sigma_R$  – wartość  $\Delta\sigma$  przekraczana z prawdopodobieństwem  $\frac{1}{N_R}$ ; zalecane jest przyjmować  $N_R = 10^4$

– tak, jak w ww. *Publikacji 45/P*.

Sposób obliczania  $\Delta\sigma_R$  w przypadkach, gdy w elemencie konstrukcji występuje superpozycja naprężeń od zginania ogólnego i lokalnego, określono w ww. *Publikacji 45/P*.

**16.2.6** W analizie trwałości zmęczeniowej zalecane jest zastosowanie długoterminowego rozkładu  $\Delta\sigma$  wyznaczonego bezpośrednio, z zastosowaniem analizy widmowej obciążeń kadłuba okrętu na fali i danych statystycznych dotyczących falowania w akwenach przewidywanej eksploatacji okrętu.

Szczegółowe wymagania dla takich obliczeń podano w ww. *Publikacji 45/P*.

**16.2.7** Obliczenia trwałości zmęczeniowej należy wykonać stosując wykresy Wöhlera podające liczbę cykli naprężeń powodujących pęknięcie zmęczeniowe, w funkcji  $\Delta\sigma = \text{const}$ .

Sposób doboru wykresów Wöhlera dla elementów konstrukcji spawanych kadłubów okrętów oraz sposób korygowania tych wykresów w celu uwzględnienia korozyjnego oddziaływania wody morskiej podano w ww. *Publikacji 45/P*.

**16.2.8** Elementy konstrukcji kadłuba okrętu powinny spełnić następujące kryterium:

$$D \leq 1,0 \quad (16.2.8)$$

gdzie:

$D$  – stopień zużycia zmęczeniowego.

$D$  należy obliczać wg 16.2.9.

**16.2.9** W obliczeniach  $D$  rzeczywiste cykle naprężeń (losowe) można przybliżyć skończoną liczbą  $I_p$  bloków naprężeń  $\Delta\sigma = \text{const}$ :

$$D = \sum_{i=1}^{I_p} \frac{n_i}{N_i} \quad (16.2.9-1)$$

gdzie:

$N_i$  – liczba cykli naprężeń określona z wykresu Wöhlera dla  $\Delta\sigma_i = \text{const}$  ( $\Delta\sigma_i$  – wartość  $\Delta\sigma = \text{const}$  w  $i$ -tym bloku),

$n_i$  – liczba cykli naprężeń w  $i$ -tym bloku, obliczona wg wzoru:

$$n_i = p(\Delta\sigma_i) \delta\sigma_i N_L \quad (16.2.9-2)$$

$p(\Delta\sigma_i)$  – wartość funkcji gęstości prawdopodobieństwa długoterminowego rozkładu  $\Delta\sigma$ , dla  $\Delta\sigma = \Delta\sigma_i$ ;

$\delta\sigma_i$  – szerokość  $i$ -tego bloku  $\Delta\sigma$  (różnica pomiędzy skrajnymi wartościami  $\Delta\sigma$  w  $i$ -tym bloku);

$N_L$  – liczba cykli naprężeń w ciągu planowanego okresu eksploatacji okrętu, ustalona wg 16.2.10.

**16.2.10** Liczbę cykli naprężeń w ciągu całego okresu eksploatacji okrętu należy obliczać wg wzoru:

$$N_L = 3 \cdot 10^6 L_l c \quad (16.2.10)$$

gdzie:

$L_l$  – planowany okres eksploatacji okrętu, w latach;

$c$  – stosunek czasu spędzonego przez okręt na morzu do zakładanego czasu eksploatacji; do obliczeń należy przyjmować  $c \geq 0,5$ .

## 17 OBCIĄŻENIA KADŁUBA

### 17.1 Zasady ogólne

**17.1.1** W niniejszym rozdziale podano zasady określania obliczeniowych wartości obciążeń lokalnych i globalnych, działających na kadłub okrętu w warunkach pływania na fali oraz obciążeń od wiatru i lodu.

Podano także sposób określania obliczeniowych obciążeń pokładów i grodzi.

Obciążenia od slemingu dennego i burtowego są podane odpowiednio w rozdziałach 6 i 7.

Obciążenia ścian nadbudówek i pokładówek są podane w rozdziale 10.

**17.1.2** Obliczeniowe obciążenia dynamiczne kadłuba, wynikające z falowania morza mogą być wyznaczone z zastosowaniem formuł parametrycznych podanych w 17.5 i 17.6 lub obliczone bezpośrednio, wg zasad podanych w 17.2.

**17.1.3** Instrukcja eksploatacji okrętu (patrz p. A/3.6) powinna zawierać *Plan obciążeń kadłuba* czyli dokument, w którym podano obliczeniowe wartości obciążeń zastosowanych przy projektowaniu okrętu. W szczególności *Plan obciążeń kadłuba* powinien zawierać następujące informacje:

- wartości ciśnień zewnętrznych (od morza) działające na poszycie dna, burt, pokładów otwartych, ściany nadbudówek/pokładówek;
- obciążenia statyczne pokładów i platform (w tym wartości obciążeń skupionych);
- przyspieszenia wskutek ruchów okrętu na fali, na pokładach, w miejscach, gdzie przewidywane są względnie duże obciążenia statyczne;
- ciśnienia w zbiornikach zapasów, balastu, ładunku płynnego.

### 17.2 Falowanie morza

#### 17.2.1 Zasady ogólne

**17.2.1.1** W przypadku okrętów o typowych proporcjach wymiarowych i kształcie kadłuba ( $L_0/B \geq 5$ ,  $B/H \leq 2,5$ ,  $\delta \geq 0,6$ ) obciążenia obliczeniowe dla okrętów o nieograniczonym rejonie żeglugi, wynikające z falowania morza, należy określić stosując wzory podane w 17.5 i 17.6.

**17.2.1.2** W przypadku okrętów o ograniczonych rejonach żeglugi obciążenia wyznaczone wg wymagań 17.2.1.1 można zmniejszyć w następujący sposób:

- dla rejonu II o 10%,
- dla rejonu III o 30%.

**17.2.1.3** W przypadku okrętów o proporcjach wymiarowych i innych cechach uznanych przez PRS za nietypowe, wymagane są bezpośrednio obliczenia obciążeń dynamicznych – wg zasad podanych w 17.2.2 lub badania modelowe – wg zasad podanych w 17.2.3.

W przypadku okrętów o ograniczonych rejonach żeglugi obliczone obciążenia podlegają redukcji – wg wymagań podanych w 17.2.1.2 lub bezpośrednio obliczenia są wykonywane wprost dla falowania w ograniczonym rejonie żeglugi.

#### 17.2.2 Bezpośrednie obliczanie obciążeń

**17.2.2.1** Bezpośrednie obliczanie obciążeń jest wymagane w sytuacjach zdefiniowanych w 17.2.1.3, ale może być stosowane również w celu wyznaczenia dynamicznych obciążeń obliczeniowych kadłuba związanych z pływaniem okrętu na fali – w miejsce obciążeń wyznaczonych wg formuł podanych w 17.5.2, 17.5.3 i 17.6.3.

**17.2.2.2** Zalecane jest wykonanie obliczeń wg algorytmu przedstawionego w 17.2.2.4 do 17.2.2.8. Alternatywne metody obliczeń będą rozpatrywane przez PRS odrębnie.

**17.2.2.3** PRS należy przedstawić raport z obliczeń zawierający następujące informacje:

- wyczerpujący opis zastosowanej metody obliczeń i zastosowanych programów komputerowych;
- dane wejściowe do obliczeń, z uwzględnieniem opisu warunków falowania, stosowanych kątów kursowych i prędkości okrętu, rozkładu masy okrętu, itp.;
- wyczerpujący wyciąg wyników obliczeń.

**17.2.2.4** Bezpośrednie obliczenia odzewu kadłuba okrętu na falowanie morza mogą być wykonane z zastosowaniem modelu liniowego i analizy widmowej.

Obliczenia takie składają się z następujących etapów:

- wyznaczenie funkcji przenoszenia amplitud odzewu okrętu na falę regularną – np. momentu zginającego kadłub w płaszczyźnie pionowej, ciśnienia wody w dowolnym punkcie poszycia, itp. (17.2.2.5);
- wykonanie prognozy krótkoterminowej dla chwilowych wartości ekstremalnych odzewu na fali nieregularnej (17.2.2.6);
- wykonanie prognozy długoterminowej (17.2.2.7).

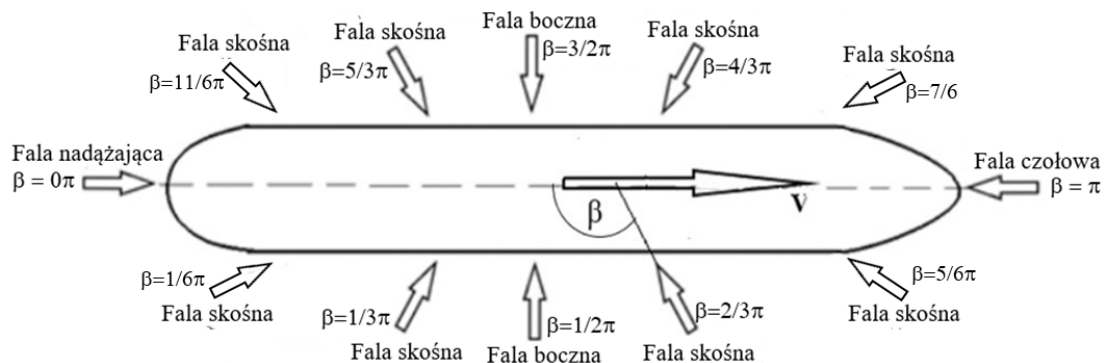
**17.2.2.5** Przy zadanej średniej prędkości postępowej  $V$  okrętu należy wyznaczyć funkcje przenoszenia amplitud  $Y_{RAO}$  na podstawie:

- teorii przepływu potencjalnego cieczy idealnej;
- programów komputerowych uznanych przez PRS;
- obliczeń amplitud ruchu okrętu, przyspieszeń kadłuba, ciśnienia od dynamicznego oddziaływania wody (z zewnątrz), sił wewnętrznych w kadłubie okrętu, itp.

lub pomiarów na basenie modelowym.

Funkcje przenoszenia amplitud  $Y_{RAO}$  należy uzyskać w zależności od:

- częstości  $\omega_j$ , należy przyjąć wartości  $\omega_j$  od wartości 0,5[rad/s] do wartości 3,0[rad/s], z przyrostem  $\Delta\omega$  nie większym niż 0,1[rad/s],
- kątów  $\beta_k$  oznaczających kąt pomiędzy kierunkiem postępowej prędkości okrętu  $V$ , a kierunkami propagacji fali, wartości  $\beta_k$  należy przyjąć w przedziale od 0[rad] do  $2\pi$  [rad], z przyrostem  $\Delta\beta$  nie większym niż  $\pi/6$  [rad].



Rys. 17.2.2.5 Definicja kąta kursowego  $\beta$ .

W obliczeniach należy założyć prędkość okrętu  $V$  równą prędkości marszowej.

**17.2.2.6** Prognozę krótkoterminową należy wyznaczyć określając:

- funkcję gęstości widmowej falowania – dla rejonu Północnego Atlantyku ma następującą postać:

$$S(\omega, \mu, H_s, T_z) = \frac{H_s^2}{4\pi} \left(\frac{2\pi}{T_z}\right)^4 \omega^{-5} \exp\left(-\frac{1}{\pi} \left(\frac{2\pi}{T_z}\right)^4 \omega^{-4}\right) f(\mu), \quad (17.2.2.6 - 1)$$

$$f(\mu) = \begin{cases} \frac{2}{\pi} \cos^2 \mu & \text{dla } \mu \in \left(-\frac{\pi}{2}, \frac{\pi}{2}\right) \\ 0 & \text{dla } \mu \notin \left(-\frac{\pi}{2}, \frac{\pi}{2}\right) \end{cases}$$

- funkcja gęstości widmowej odzewu okrętu na falowanie:

$$S_Y(\omega, \beta, \mu, H_s, T_z) = |Y_{RAO}(\omega_E, \beta)|^2 S(\omega, \mu, H_s, T_z), \quad (17.2.2.6 - 2)$$

$$\omega_E = \omega \left| 1 - \frac{\omega V}{g} \cos \beta \right| \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

- wariancję  $m_0$  dla zadanej fali o parametrach  $H_s$  i  $T_z$  rozpatrywanego losowego procesu należy obliczyć ze wzoru:

$$m_0(H_s, T_z) = \int_0^\infty \int_{-\pi/2}^{\pi/2} S_Y(\omega, \beta, \mu, H_s, T_z) d\mu d\omega \quad (17.2.2.6 - 3)$$

Wariancja  $m_0$  określa funkcję gęstości  $f$  rozkładu Rayleigha:

$$f(z) = \frac{z}{m_0(H_s, T_z)} \exp\left(-\frac{z^2}{2m_0(H_s, T_z)}\right) \quad (17.2.2.6 - 4)$$

Stąd prawdopodobieństwo  $P(Z > z_L)$ , oznaczające, że amplituda odpowiedzi okrętu  $Z$  przekroczy zadaną wartość  $z_L$ , należy obliczyć ze wzoru:

$$P(Z > z_L) = \exp\left(-\frac{z_L^2}{2m_0(H_s, T_z)}\right) \quad (17.2.2.6 - 5)$$

Gdzie wartość wariancji  $m_0$  można przybliżyć zgodnie z podanym wzorem

$$m_0(H_s, T_z) = \sum_k \sum_l S_Y(\omega_k, \beta_k, \mu_l, H_s, T_z) \Delta\mu \Delta\omega \quad (17.2.2.6 - 6)$$

Oznaczenia:

- $f$  – funkcja gęstości rozkładu, określona: dla funkcji rozkładu falowania we wzorze 17.2.2.6-1, dla rozkładu Rayleigha we wzorze 17.2.2.6-4,  
 $g$  – przyspieszenie ziemskie, [m/s<sup>2</sup>], równe 9,81,  
 $H_s$  – znacząca wysokość fali nieregularnej, [m], (wartość oczekiwana wysokości tych fal falowania nieregularnego, dla których wartości są nie mniejsze niż wysokość przekraczana z prawdopodobieństwem 1/3),  
 $m_0$  – wariancja procesu losowego fali o parametrach  $H_s$  i  $T_z$ , określona wzorem 17.2.2.6-3, wariancja  $m_{0ij}$  odpowiada wariancji  $m_0$  dla parametrów  $H_s$  równego  $H_{si}$  i  $T_z$  równego  $T_{zi}$ ,  
 $S$  – funkcja gęstości widmowej falowania, określona wzorem 17.2.2.6-1,  
 $S_Y$  – funkcja gęstości widmowej odzewu okrętu na falowanie, określona wzorem 17.2.2.6-2  
 $T_z$  – charakterystyczny (średni) okres fali nieregularnej, [s],  
 $V$  – prędkość okrętu, [m/s],  
 $Y_{RAO}(\omega_E, \beta)$  – funkcja przenoszenia amplitudy odzewu okrętu na falę regularną o jednostkowej amplitudzie i częstotliwości spotkaniowej  $\omega_E$ , przy kącie kursowym  $\beta$ ,  
 $\beta$  – kąt pomiędzy kierunkiem postępowej prędkości okrętu  $V$ , a kierunkami propagacji fali, [rad]  
 $\mu$  – kąt propagacji fali względem głównego kierunku fali,  
 $\omega$  – częstotliwość falowania, [rad/s],  
 $\omega_E$  – częstotliwość spotkaniowa, [rad/s], określona wzorem 17.2.2.6-2.



Dla okrętów przeznaczonych do żeglugi w ściśle określonych akwenach wartość  $S$  należy przyjmować na podstawie dostępnych danych literaturowych, z uwzględnieniem wymagań 'NATO Standard ANEP-4154 – *Common Procedures for Seakeeping in the Ship Design Process*'.

**17.2.2.7** Prognozę długoterminową należy wyznaczyć określając prawdopodobieństwo  $P(Z > z_L)$  reakcji okrętu  $Z$  na falowanie morza:

$$P(Z > z_L) = \sum_k^{N_k} \sum_j^{N_T} \sum_i^{N_H} \exp - \frac{z_L^2}{2m_0(H_{si}, T_{zj})} P_{ij} P_k \quad (17.2.2.7)$$

gdzie:

$N_H$  – liczba uwzględnianych wartości znaczącej wysokości fali,  $H_s$ ,

$N_T$  – liczba uwzględnianych wartości charakterystycznego okresu fali,  $T_z$ ,

$N_k$  – liczba uwzględnianych wartości kątów kursowych  $\beta_k$  okrętu względem głównego kierunku propagacji fal (patrz 17.2.2.5),

$P_{ij}$  – prawdopodobieństwo wystąpienia warunków falowania określonych wartością  $H_{si}$  znaczącej wysokości fali i wartością  $T_{zj}$  charakterystycznego okresu,

$P_k$  – prawdopodobieństwo wystąpienia kata kursowego  $\beta_k$ .

Wartości prawdopodobieństwa  $p_{ij}$  podano w tabeli 17.2.2.7 pochodzącej z dokumentu *IACS Rec.34 – Standard Wave Data*. Obowiązują one dla rejonu Północnego Atlantyku.

W tabeli 17.2.7 wartości  $H_{si}$  podano w [m], a wartości  $T_{zj}$  – w [s].

**Tabela 17.2.2.7**

**Prawdopodobieństwo stanów mórz na Północnym Atlantyku opisane jako częstotliwość występowania na 10000 obserwacji. Pobrane z Global Wave Statistics BMT.**

Hs/Tz	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	8.5	9.5	10.5	11.5	12.5	13.5	14.5	15.5	16.5	17.5	18.5	SUM
0.5	0.0	0.0	1.3	133.7	865.6	1188.0	634.2	186.3	36.9	5.6	0.7	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3050
1.5	0.0	0.0	0.0	29.3	986.0	4976.0	7738.0	5669.7	2375.7	703.5	160.7	30.5	5.1	0.8	0.1	0.0	0.0	0.0	22575
2.5	0.0	0.0	0.0	2.2	197.5	2158.8	6230.0	7449.5	4860.4	2066.0	644.5	160.2	33.7	6.3	1.1	0.2	0.0	0.0	23810
3.5	0.0	0.0	0.0	0.2	34.9	695.5	3226.5	5675.0	5099.1	2838.0	1114.1	337.7	84.3	18.2	3.5	0.6	0.1	0.0	19128
4.5	0.0	0.0	0.0	0.0	6.0	196.1	1354.3	3288.5	3857.5	2885.5	1275.2	455.1	130.9	31.9	6.9	1.3	0.2	0.0	13289
5.5	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	51.0	498.4	1602.9	2372.7	2008.3	1126.0	463.6	150.9	41.0	9.7	2.1	0.4	0.1	8328
6.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	12.6	167.0	690.3	1257.9	1268.6	825.9	386.8	140.8	42.2	10.9	2.5	0.5	0.1	4806
7.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	52.1	270.1	594.4	703.2	524.9	276.7	111.7	36.7	10.2	2.5	0.6	0.1	2586
8.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	15.4	97.9	255.9	350.6	296.9	174.6	77.6	27.7	8.4	2.2	0.5	0.1	1309
9.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	4.3	33.2	101.9	159.9	152.2	99.2	48.3	18.7	6.1	1.7	0.4	0.1	626
10.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	10.7	37.9	67.5	71.7	51.5	27.3	11.4	4.0	1.2	0.3	0.1	285
11.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	3.3	13.3	26.6	31.4	24.7	14.2	6.4	2.4	0.7	0.2	0.1	124
12.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	1.0	4.4	9.9	12.8	11.0	6.8	3.3	1.3	0.4	0.1	0.0	51
13.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	1.4	3.5	5.0	4.6	3.1	1.6	0.7	0.2	0.1	0.0	21
14.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.4	1.2	1.8	1.8	1.3	0.7	0.3	0.1	0.0	0.0	8
15.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.4	0.6	0.7	0.5	0.3	0.1	0.1	0.0	0.0	3
16.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	1
SUM:	0	0	1	165	2091	9280	19922	24879	20870	12898	6245	2479	837	247	66	16	3	1	10000

**Uwagi:**

- 1) Należy założyć, że okręt jest zanurzony do poziomu zanurzenia konstrukcyjnego, a wszelkie kąty kursowe  $\beta$  względem głównego kierunku propagacji fal są jednakowo prawdopodobne, tzn.  $P_k = 1/N_k$ .
- 2) Wartości  $P_{ij}$  należy wyznaczać wg 17.2.2.8.
- 3) Wzór 17.2.2.7 może być modyfikowany w sposób uzgodniony z PRS, w celu uwzględnienia reakcji kapitana okrętu w formie zmiany kąta kursowego lub redukcji prędkości okrętu, gdy występują takie zjawiska jak sleming, nadmierne przechyły boczne lub wynurzenie pędników.

**17.2.2.8** Dla okrętów o nieograniczonym rejonie żeglugi, w obliczeniach wg wzoru 17.2.2.7 należy zastosować  $H_{si}$  i  $T_{zj}$  oraz  $P_{ij}$  podane w tabeli 17.2.2.7.

W przypadku okrętów przeznaczonych do żeglugi w ściśle określonych akwenach wartości  $P_{ij}$  należy przyjmować na podstawie dostępnych danych statystycznych.

### 17.2.3 Badania modelowe

**17.2.3.1** Badania modelowe mogą być wymagane w sytuacjach określonych w 17.2.1.3.

Zalecane jest uzgodnienie z PRS, przed rozpoczęciem badań modelowych, ich zakresu i sposobu przeprowadzenia.

**17.2.3.2** Należy przedstawić PRS dokumentację dotyczącą badań modelowych, nie później niż w chwili dostarczenia do zatwierdzenia rysunków konstrukcyjnych kadłuba okrętu.

Wymagany jest następujący zakres dokumentacji:

- dane dotyczące konstrukcji modelu i oprzyrządowania pomiarowego;
- opis parametrów basenu modelowego i jego wyposażenia pomiarowego;
- opis sposobu generowania fal w basenie i pomiaru parametrów falowania;
- wyniki pomiarów w formie tabelarycznej lub wykresnej i przeliczenie tych wyników na wartości odpowiadające okrętowi.

**17.2.3.3** Wymagane jest wykonanie pomiarów odzewu modelu na falowanie w następującym minimalnym zakresie:

**rodzaje falowania** – falowanie regularne i nieregularne;

**kąty kursowe** – 180° (model porusza się w kierunku przeciwnym do fal, prostopadle do grzbietów fal), 0°, 45° lub 315°, 90°, 135° lub 225°;

**prędkość modelu** – prędkości odpowiadające prędkości zerowej, prędkości marszowej i połowie prędkości marszowej okrętu;

**częstości kątowe falowania regularnego** – przynajmniej sześć częstości odpowiadających długościom fal z przedziału od zera do 1,5  $L_0$ .

**17.2.3.4** Należy wykonać pomiary następujących, istotnych ze względu na wytrzymałość kadłuba okrętu, parametrów odzewu modelu okrętu na falowanie:

- falowych momentów zginających w płaszczyznach pionowej i poziomej oraz falowego momentu skręcającego (dla okrętów z szerokimi otworami w pokładzie górnym), dla  $\frac{x}{L_0} = 0$  i  $\frac{x}{L_0} = \pm 0,25$ ;
- przyspieszeń pionowych w rejonie owręza, dziobu i rufy;
- ciśnień dynamicznych wody na dno i burty w rejonach jak wyżej;
- ciśnień od slemingu dennego i burtowego przy typowych spodziewanych zanurzeniach i prędkościach okrętu.

### 17.3 Wiatr

**17.3.1** Uwzględnienie obciążeń od wiatru może być konieczne przy wyznaczaniu sił oddziaływania na kadłub okrętu umocowanych do niego elementów wyposażenia kadłuba, uzbrojenia, itp.

Obliczeniowe wartości tych obciążeń należy wyznaczać dla prędkości wiatru  $V = 40$  m/s.

**17.3.2** Siły obciążające poszczególne elementy mocowane do kadłuba okrętu, spowodowane działaniem wiatru, należy obliczać wg wzoru:

$$F = 0,5\rho_p C_s C_H AV^2, \text{ [N]} \quad (17.3.2)$$

gdzie:

$F$  – siła działająca na element, [N];

$\rho_p$  – gęstość powietrza, równa 1,222 kg/m<sup>3</sup>;

$C_s$  – bezwymiarowy współczynnik zależny od kształtu elementu; wartości  $C_s$  dla najczęściej występujących kształtów podano w tabeli 17.3.2-1;

$C_H$  – bezwymiarowy współczynnik zależny od wysokości nad poziomem wody; wartości  $C_H$  podano w tabeli 17.3.2-2;

$A$  – powierzchnia rzutu elementu na płaszczyznę prostopadłą do kierunku wiatru, [m<sup>2</sup>];

$V$  – prędkość wiatru, [m/s].

**Tabela 17.3.2-1**  
**Wartości współczynnika  $C_s$**

Kształt/rodzaj elementu	$C_s$
kulisty	0,4
cyldryczny	0,5
liny	1,2
wyizolowane wiązary	1,3
drobne elementy wyposażenia	1,4
dźwigi, żurawie	1,5
pokładówki	1,1

**Tabela 17.3.2-2**  
**Wartości współczynnika  $C_H$**

Wysokość nad poziomem wody, [m]	$C_H$
0 – 15,3	1,00
15,3 – 30,5	1,10
30,5 – 46,0	1,20
46,0 – 61,0	1,30

## 17.4 Lód

### 17.4.1 Wzmocnienia lodowe

Okręty przewidziane do eksploatacji w akwenach, w których może wystąpić pokrywa lodowa lub kra powinny mieć odpowiednio wzmocniony kadłub – zgodnie z wymaganiami rozdziału C/11.

### 17.4.2 Obłodzenie okrętu

**17.4.2.1** W stosunku do okrętów przewidzianych do okresowej eksploatacji w rejonach arktycznych lub antarktycznych PRS może wymagać spełnienia kryteriów wytrzymałości podanych w niniejszej części *Przepisów*, dla obciążeń powiększonych o obciążenia od przewidywanego oblodzenia części nadwodnej, o wartościach podanych w 17.4.2.2.

**17.4.2.2** W analizie wytrzymałości wzdłużnej kadłuba wg wymagań rozdziału 15 oraz w analizie wytrzymałości lokalnej wg rozdziału 13 i wytrzymałości strefowej wg rozdziału 14, dla okrętów zagrożonych oblodzeniem należy uwzględnić obciążenie zewnętrznych powierzchni kadłuba w części nadwodnej warstwą lodu, dodatkowe w stosunku do standardowo wymaganych obciążeń, o następujących wartościach:

- ciśnienie 1 kPa (warstwa lodu o grubości 100 mm) działające na powierzchnie poziome lub zbliżone do poziomych,
- obciążenie pionowe 0,25 kN/m<sup>2</sup> (warstwa lodu o grubości 25 mm) działające na powierzchnie pionowe lub zbliżone do pionowych.

## 17.5 Ruchy i przemieszczenia kadłuba

### 17.5.1 Zasady ogólne

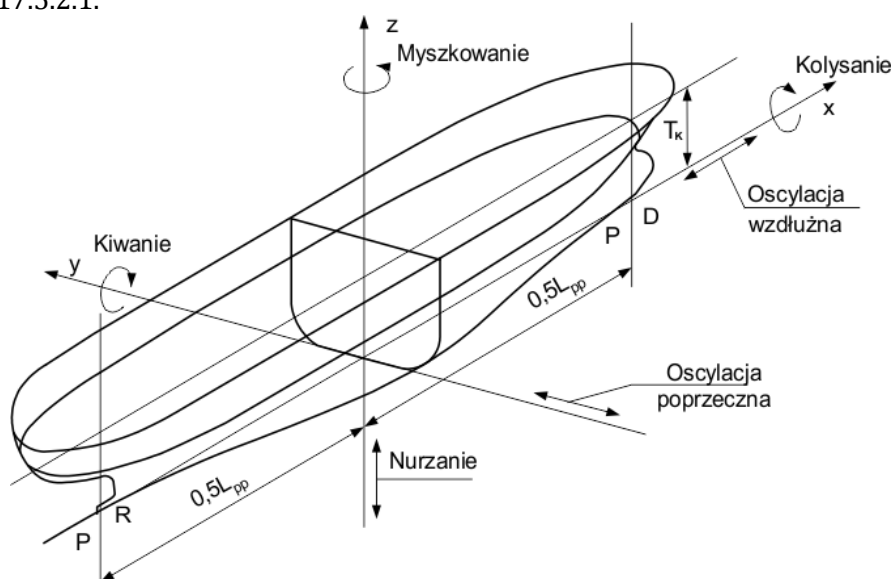
17.5.1.1 W niniejszym rozdziale podano wzory służące do określania ruchów (przemieszczeń, prędkości i przyspieszeń) okrętów w warunkach morskich wskutek falowania wody.

17.5.1.2 Określane ruchy są wielkościami, których prawdopodobieństwo przekroczenia wynosi  $10^{-8}$ .

### 17.5.2 Definicje

#### 17.5.2.1 Układ współrzędnych

Układ współrzędnych oraz nazwy poszczególnych rodzajów oscylacji okrętu na fali zdefiniowano na rys. 17.5.2.1.



Rys. 17.5.2.1

Definicja układu współrzędnych oraz nazwy oscylacji okrętu na fali

#### 17.5.2.2 Współczynnik falowy

Współczynnik falowy  $C_w$ , będący podstawowym parametrem przy określaniu falowych obciążeń kadłuba oraz ruchów okrętu, należy obliczać wg wzoru:

$$C_w = \begin{cases} 0,0792 L_0 & \text{dla } L_0 \leq 100 \text{ m,} \\ 10,75 - \left(\frac{300-L_0}{100}\right)^{3/2} & \text{dla } 100 \text{ m} < L_0 < 300 \text{ m,} \end{cases} \quad (17.5.2.2)$$

### 17.5.3 Amplitudy przemieszczeń składowych

#### 17.5.3.1 Amplituda nurzania

Amplitudę nurzania można obliczać wg wzoru:

$$Z_A = 12 - 0,1T, \quad [\text{m}] \quad (17.5.3.1)$$

$T$  – patrz 1.2.2.

**17.5.3.2 Amplituda kiwania**

Amplitudę kiwania można obliczać wg wzoru:

$$\Theta_A = 4 \left( 1 - 4,5 \frac{T}{L_0} \right) \frac{C_w}{L_0}, \quad [\text{rad}] \quad (17.5.3.2)$$

**17.5.3.3 Amplituda kołysania**

Amplitudę kołysania (kąt przechyłu) można obliczać wg wzoru:

$$\Phi_A = 35 \frac{T}{B^2 + 50}, \quad [\text{rad}] \quad (17.5.3.3)$$

**17.5.3.4 Amplituda oscylacji wzdłużnej**

Amplitudę oscylacji wzdłużnej można obliczać wg wzoru:

$$X_A = 8 \frac{1 - 0,03T}{1 - 0,036v}, \quad [\text{m}] \quad (17.5.3.4)$$

$v$  – prędkość marszowa okrętu, [węzły].

**17.5.3.5 Amplituda oscylacji poprzecznej**

Amplitudę oscylacji poprzecznej można obliczać wg wzoru:

$$Y_A = 12 - 0,25T, \quad [\text{m}] \quad (17.5.3.5)$$

**17.5.3.6 Amplituda myskowania**

Amplitudę myskowania można obliczać wg wzoru:

$$\Psi_A = 0,25 \left( 1 - 0,008 \frac{L_0 T}{B} \right), \quad [\text{rad}] \quad (17.5.3.6)$$

**17.5.3.7 Amplituda ruchu względnego**

Amplitudę przemieszczenia punktu  $P(x, y, z)$  okrętu względem powierzchni fali można obliczać wg wzoru:

$$S_A = \sqrt{(0,3Z_A)^2 + [(x + 0,05L_0)\Theta_A]^2 + [0,8y\Phi_A]^2}, \quad [\text{m}] \quad (17.5.3.7)$$

$Z_A, \Theta_A, \Phi_A$  – patrz 17.5.3.1, 17.5.3.2 i 17.5.3.3;

$x, y$  – współrzędne punktu  $P$  – patrz rys. 17.5.2.1.

**17.5.4 Wypadkowe amplitudy przyspieszeń****17.5.4.1 Wypadkowe przyspieszenie pionowe**

Wypadkowe przyspieszenie liniowe punktu  $P$  na okręcie, w kierunku osi pionowej (bez uwzględniania przyspieszenia ziemskiego) należy obliczać wg wzoru:

$$a_v = (1 + 0,036v)^2 \frac{25}{L_0} \sqrt{Z_A^2 + [1,6(x + 0,05L_0)\Theta_A]^2 + [0,5y\Phi_A]^2}, \quad [\text{m/s}^2] \quad (17.5.4.1)$$

$v$  – prędkość marszowa okrętu, [węzły];

$Z_A, \Theta_A, \Phi_A$  – patrz 17.5.3.1, 17.5.3.2 i 17.5.3.3;

$x, y$  – współrzędne punktu  $P$  – patrz rys. 17.5.2.1.

### 17.5.4.2 Wypadkowe przyspieszenie poprzeczne

Wypadkowe przyspieszenie liniowe punktu  $P$  na okręcie, w kierunku osi poprzecznej (z uwzględnieniem składowej przyspieszenia ziemskiego) należy obliczać wg wzoru:

$$a_T = (1 + 0,036v)^2 \frac{25}{L_0} \sqrt{(0,8Y_A)^2 + [(x + 0,05L_0)\Psi_A]^2 + [(z - T)\Phi_A]^2}, \text{ [m/s}^2\text{]} \quad (17.5.4.2)$$

- $v$  – prędkość marszowa okrętu, [węzły];  
 $\Theta_A, Y_A, \Psi_A$  – patrz 17.5.3.2, 17.5.3.5 i 17.5.3.6;  
 $x, z$  – współrzędne punktu  $P$  – patrz rys. 17.5.2.1.

### 17.5.4.3 Wypadkowe przyspieszenie wzdłużne

Wypadkowe przyspieszenie liniowe punktu  $P$  na okręcie, w kierunku osi wzdłużnej (z uwzględnieniem składowej przyspieszenia ziemskiego) należy obliczać wg wzoru:

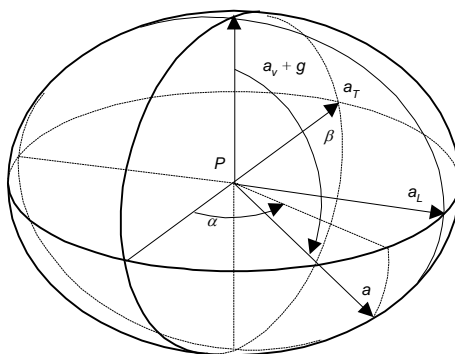
$$a_L = (1 + 0,036v)^2 \frac{25}{L_0} \sqrt{(0,2X_A)^2 + [0,5y\Psi_A]^2 + [2(z - T)\Theta_A]^2}, \text{ [m/s}^2\text{]} \quad (17.5.4.3)$$

- $v$  – prędkość marszowa okrętu, [węzły];  
 $\Theta_A, X_A, \Psi_A$  – patrz 17.5.3.2, 17.5.3.4 i 17.5.3.6;  
 $y, z$  – współrzędne punktu  $P$  – patrz rys. 17.5.2.1.

### 17.5.4.4 Wypadkowe przyspieszenie w dowolnym kierunku

Wypadkowe przyspieszenie liniowe  $a$  punktu  $P$  na okręcie w dowolnym kierunku może być określone z elipsoidy (rys. 17.5.4.4), której osiami głównymi są  $(a_v + g)$ ,  $a_T$  i  $a_L$ ;

- $a_v, a_T$  i  $a_L$  – patrz 17.5.4.1, 17.5.4.2 i 17.5.4.3,  
 $P(x, y, z)$  – punkt, w którym obliczane są przyspieszenia.



Rys. 17.5.4.4

Sposób określania przyspieszenia  $a$  punktu  $P$  okrętu w dowolnym kierunku

## 17.6 Miejscowe obciążenia konstrukcji

### 17.6.1 Wymagania ogólne

**17.6.1.1** 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.

**17.6.1.2** Przy ustalaniu obliczeniowych obciążeń konstrukcji zostały uwzględnione statyczne i dynamiczne składowe obciążenia wywołane przez:

- oddziaływanie morza (patrz 17.6.3, 17.6.4),
- oddziaływanie płynów w zbiornikach (patrz 17.6.5),
- oddziaływanie ładunków suchych, zapasów, wyposażenia i uzbrojenia (patrz 17.6.7).

**17.6.1.3** 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.

**17.6.1.4** Zbiorniki służące do przewozu paliwa lub olejów powinny być obliczone dla cieczy o gęstości równej gęstości wody morskiej:

$$\rho = 1,025 \text{ t/m}^3.$$

**17.6.1.5** Konstrukcja zbiorników do przewozu cieczy o większej gęstości podlega odrębnemu rozpatrzeniu przez PRS.

## 17.6.2 Oznaczenia

- $b_a$  – największa poprzeczna odległość, mierzona równolegle 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 równolegle do osi  $y$ , pomiędzy bocznymi ścianami zbiornika lub wzdłużnymi grodziami przelewowymi na wysokości rozpatrywanego punktu przyłożenia wypadkowej obciążenia, [m];
- $g$  – przyspieszenie ziemskie, [m/s<sup>2</sup>]; należy przyjmować  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ ;
- $h_a$  – pionowa odległość mierzona od punktu przyłożenia wypadkowej obciążenia do szczytu zbiornika lub zrębnicy 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 szczytu grodzi, [m].  
Dopuszczalne jest zastosowanie mniejszej wartości  $h_g$  potwierdzonej analizą niezatapialności okrętu;
- $h_p$  – pionowa odległość mierzona od punktu przyłożenia wypadkowej obciążenia do górnego zakończenia rury odpowietrzającej, [m];
- $h_0$  – pionowa odległość mierzona od wodnicy odpowiadającej wyporności pełnej okrętu do punktu przyłożenia wypadkowej obciążenia, [m];
- $h_z$  – wysokość zbiornika, [m];
- $l_a$  – największa wzdłużna odległość, mierzona równolegle 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 równolegle do osi  $x$ , pomiędzy poprzecznymi grodziami szczelnymi lub przelewowymi zbiornika na wysokości rozpatrywanego elementu konstrukcyjnego, [m];
- $p_0 = 15 \text{ kPa}$ , ale 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 eksploatacyjne okrętu, [m]; wartość  $T_m$  należy w zasadzie przyjmować jako równą  $0,35T$ ;
- $\rho$  – gęstość ładunku, balastu lub zapasów, [t/m<sup>3</sup>];
- $P(x, y, z)$  – punkt okrętu, w którym obliczane jest ciśnienie od działania morza;
- $p_i$  – ciśnienie od działania morza w punkcie  $P$ ,  $i = 1, \dots, 5$ , [kPa].



### 17.6.3 Ciśnienia zewnętrzne na kadłubie okrętu

**17.6.3.1** W punkcie  $P(x, y, z)$ , należącym do burty okrętu poniżej wodnicy odpowiadającej wyporności maksymalnej okrętu lub należącym do dna, ciśnienie zewnętrzne od działania morza należy określać wg wzoru:

$$p_1 = 0,5 p_{db} + 10(T - z), \quad [\text{kPa}] \quad (17.6.3.1-1)$$

$$p_{db} = (1 + 0,036v) \left[ 0,7Z_A + k_x \theta_A + 3|y| \Phi_A \right] + 0,02L_0 \times \left[ 10 - 0,25(T - z) \right], \quad [\text{kPa}] \quad (17.6.3.1-2)$$

$$k_x = \begin{cases} -4(x + 0,05L_0) & \text{dla } x < -0,05L_0 \\ 5,4(x + 0,05L_0) & \text{dla } x \geq -0,05L_0 \end{cases} \quad (17.6.3.1-3)$$

$v$  – prędkość marszowa okrętu, [węzły];  
 $Z_A, \theta_A, \Phi_A$  – patrz 17.5.3.1 do 17.5.3.3;  
 $x, y, z$  – współrzędne punktu  $P(x, y, z)$  – patrz rys. 17.5.2.1.

**17.6.3.2** W punkcie  $P(x, y, z)$ , należącym do burty na poziomie nie osłoniętego pokładu, ciśnienie od działania morza należy określać wg wzoru:

$$p_2 = 0,5 p_{ds}, \quad [\text{kPa}] \quad (17.6.3.2-1)$$

$$p_{ds} = \rho g [S_A - (z - T)], \quad [\text{kPa}] \quad (17.6.3.2-2)$$

przy czym należy przyjąć, że:  $[S_A - (z - T)] \geq 2$ ;

$\rho = 1,025 \text{ t/m}^3$ ;

$S_A$  – patrz 17.5.3.7;

$z - T$  – odległość między wodnicą odpowiadającą wyporności maksymalnej okrętu a punktem  $P$ .

**17.6.3.3** Pomiedzy poziomem pokładu a wodnicą odpowiadającą wyporności maksymalnej okrętu ciśnienie należy określać za pomocą interpolacji liniowej. W krańcowych punktach ciśnienie określone jest wzorami 17.6.3.1-1 i 17.6.3.1-2.

**17.6.3.4** W punkcie  $P(x, y, z)$ , należącym do nie osłoniętego pokładu, ciśnienie zewnętrzne od działania morza należy określać wg wzoru:

$$p_3 = 0,5 p_{dd}, \quad [\text{kPa}] \quad (17.6.3.4-1)$$

$$p_{dd} = 0,5 \rho (g + 0,5a_v) [S_A - (z - T)], \quad [\text{kPa}] \quad (17.6.3.4-2)$$

przy czym należy przyjąć, że:  $[S_A - (z - T)] \geq 2$ ;

$S_A$  i  $a_v$  – patrz 17.5.3.7 i 17.5.4.1;

$\rho = 1,025 \text{ t/m}^3$ .

**17.6.3.5** Ciśnienie zewnętrzne działające na dno i burty okrętu, które może być odjęte od ciśnień wewnętrznych w zbiornikach przyległych do tych konstrukcji, odpowiada minimalnemu zanurzeniu eksploatacyjnemu okrętu na wodzie spokojnej. Jego wartość należy określać wg wzoru:

$$p = \rho g (T_m - z), \quad [\text{kPa}] \quad (17.6.3.5)$$

przy czym powinno być  $p \geq 0$ ;

$\rho = 1,025 \text{ t/m}^3$ ;

$z$  – współrzędna rozpatrywanego punktu.

### 17.6.4 Ciśnienia zewnętrzne działające na nadbudowy

**17.6.4.1** Wywołane przez środowisko morskie ciśnienia zewnętrzne działające na nie osłonięte ściany nadbudówek i pokładówek (szybu maszynowego) można określać wg wzorów podanych w 17.6.4.2 i 17.6.4.3.

**17.6.4.2** W punkcie  $P(x, y, z)$  należącym do nie osłoniętej dziobowej ściany nadbudówki lub pokładówki

$$p_4 = 3p_{dd}, \quad [\text{kPa}] \quad (17.6.4.2)$$

przy czym należy przyjąć, że:  $[S_A - (z - T)] \geq 1$ ;  
 $p_{dd}$  – patrz 17.6.3.4.

**17.6.4.3** W punkcie  $P(x, y, z)$  należącym do nie osłoniętych ścian bocznych oraz tylnych nadbudówek i pokładówek

$$p_5 = 0,5p_{ds}, \quad [\text{kPa}] \quad (17.6.4.3)$$

przy czym należy przyjąć, że:  $[S_A - (z - T)] \geq 1$ ;  
 $p_{ds}$  – patrz 17.6.3.2.

### 17.6.5 Ciśnienia w przypadkach awaryjnych

**17.6.5.1** Ciśnienie obliczeniowe dla grodzi wodoszczelnej (po zalaniu przedziału) należy określać wg wzoru:

$$p_{d1} = \rho g h_g, \quad [\text{kPa}] \quad (17.6.5.1)$$

$\rho = 1,025 \text{ t/m}^3$ .

**17.6.5.2** Ciśnienie obliczeniowe dla dna wewnętrznego po zalaniu dna podwójnego należy przyjąć nie mniejsze niż ciśnienie obliczone wg wzoru:

$$p_{d2} = \rho g T, \quad [\text{kPa}] \quad (17.6.5.2)$$

$\rho = 1,025 \text{ t/m}^3$ .

Ciśnienie to jest również ciśnieniem minimalnym przy wymiarowaniu denników i wzdłużników szczelnych stanowiących ograniczenia zbiorników dna podwójnego.

### 17.6.6 Ciśnienie cieczy w zbiornikach

#### 17.6.6.1 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 17.6.6.2. 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 rozpatrzyć je jako ograniczenie każdego zbiornika oddzielnie.

#### 17.6.6.2 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:

$$p_6 = (g + 0,5a_v) \rho h_a, \quad [\text{kPa}] \quad (17.6.6.2-1)$$

$$p_7 = 0,67 \rho g h_p, \quad [\text{kPa}] \quad (17.6.6.2-2)$$

$$p_8 = g \rho h_a + p_0, \quad [\text{kPa}] \quad (17.6.6.2-3)$$

$$p_9 = g\rho \left[ 0,67 (h_a + \Theta_A l_a) - 0,12 \sqrt{h_z l_s \Theta_A} \right], \quad [\text{kPa}] \quad (17.6.6.2-4)$$

$$p_{10} = g\rho \left[ 0,67 (h_a + \Phi_A b_a) - 0,12 \sqrt{h_z b_s \Phi_A} \right], \quad [\text{kPa}] \quad (17.6.6.2-5)$$

$a_v$  – według 17.5.4.1;  
 $\Phi_A$  – według 17.5.3.3;  
 $\Theta_A$  – według 17.5.3.2.

Wzory 17.6.6.2-4 i 17.6.6.2-5 należy uwzględnić przy wymiarowaniu konstrukcji ograniczających zbiorniki ładunkowe, zbiorniki na zapasy lub zbiorniki balastowe, jeżeli długość zbiornika przekracza  $0,15L_0$  lub największa szerokość zbiornika przekracza  $0,4B$ .

### 17.6.6.3 Ciśnienie cieczy w zbiornikach częściowo zapełnionych

Jeżeli zbiorniki mogą być podczas rejsu zapełnione częściowo, w zakresie od 20 do 90% swej wysokości, to ciśnienie obliczeniowe (dla zbiorników o parametrach  $l_z \leq 0,13 L_0$  i  $b_z \leq 0,56B$ ) należy określać jako większą z wartości ciśnienia obliczonego dla zbiorników zapełnionych całkowicie, według 17.6.6.2, 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:

$$p_{11} = \rho(4 - 0,005L_0)l_z, \quad [\text{kPa}] \quad (17.6.6.3-1)$$

– dla elementów konstrukcyjnych umieszczonych w odległości mniejszej niż  $0,25b_z$  od ścian wzdłużnych zbiornika:

$$p_{12} = \rho(3 - 0,01B)b_z, \quad [\text{kPa}] \quad (17.6.6.3-2)$$

Dla zbiorników o parametrach  $l_z > 0,13 L_0$  lub  $b_z > 0,56 B$  wartości ciśnień  $p_{11}$  lub  $p_{12}$  podlegają odrębnemu rozpatrzeniu przez PRS. W odniesieniu do okrętów o długości  $50 \text{ m} \leq L_0 < 100 \text{ m}$  odrębne rozpatrzenie przez PRS przewidziane jest w przypadku ciśnienia  $p_{11}$ , gdy  $l_z > 0,2 L_0$ .

**17.6.6.4** Wartość ciśnienia obliczeniowego przyjęta dla środników wiązarów w zbiornikach ładunkowych, zbiornikach na zapasy i zbiornikach balastowych powinna być nie mniejsza niż 20 kPa.

**17.6.6.5** Ciśnienie obliczeniowe poprzecznych i wzdłużnych grodzi przelewowych nie może być mniejsze niż ciśnienie obliczone wg wzorów 17.6.6.3-1 i 17.6.6.3-2.

**17.6.6.6** Na okrętach o długości  $L_0 \geq 50 \text{ m}$  sprawdzeniu na działanie ciśnienia  $p_{11}$ , a na okrętach 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.

**17.6.6.7** W przypadku zbiorników okrętu stosowanych do operacji RAS (zaopatrzenie okrętu na morzu) ciśnienia obliczeniowe powinny być wyznaczone wg wymagań p. 17.6.6.1, 17.6.6.2, 17.6.6.3, 17.6.6.4 i 17.6.6.5.

### 17.6.7 Obciążenie od ładunku, zapasów i wyposażenia

**17.6.7.1** Ciśnienie działające na pokłady i dno okrętu w przedziałach ładunkowych lub magazynowych, pochodzące od ładunku drobnicowego, zapasów lub wyposażenia należy obliczać wg wzoru:

$$p_{13} = (g + 0,5a_v)q, \quad [\text{kPa}] \quad (17.6.7.1)$$

gdzie:

$a_v$  – według 17.5.4.1,

$q = \rho h$  – masa ładunku lub wyposażenia, [t], przypadająca na 1 m<sup>2</sup> powierzchni obciążonej,  
 $\rho$  – gęstość ładunku obciążającego powierzchnię pokładu lub dna okrętu, [t/m<sup>3</sup>],  
 $h$  – wysokość warstwy ładunku lub zapasów obciążających powierzchnię pokładu lub dna okrętu, [m]. Wysokość  $h$  należy mierzyć pionowo od powierzchni obciążonej do pokładu powyżej, a w obrębie luku ładunkowego – do górnej krawędzi zrębnicy luku.

Zalecane jest aby przyjęta wartość  $\rho$  była nie mniejsza niż 0,7 t/m<sup>3</sup>.

Dopuszczalna wartość  $q$  może być także założona wprost przez projektanta okrętu i podana w instrukcji kontroli obciążenia okrętu.

**17.6.7.2** Dla pokładów osłoniętych nieładunkowych minimalne wartości  $q$  są następujące:

$q = 0,8 \text{ t/m}^2$  – dla platform w maszynowni, (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 załogowych.

**17.6.7.3** Jeżeli masa własna konstrukcji pokładu lub platformy przekracza 10% wartości  $q$  od masy ładunku, zapasów lub wyposażenia, to należy ją uwzględnić jako składnik obciążenia powiększając odpowiednio wartość  $q$  przyjętą do obliczeń wytrzymałościowych.

**17.6.7.4** Jeżeli pokład otwarty przeznaczony jest do transportu ładunku pokładowego, to jako wartość ciśnienia obliczeniowego dla tego pokładu należy przyjąć  $p = p_2$  (patrz 17.6.3.2) lub  $p = p_{13}$  (patrz 17.6.7.1), zależnie od tego, która z nich jest większa.

Jeżeli wysokość ładowania na pokładzie otwartym jest mniejsza niż 2,3 m, to może być wymagane sumowanie obciążeń wywołanych ładunkiem i częściowym oddziaływaniem morza.

**17.6.7.5** Minimalna wartość  $q$  dla otwartych pokładów ładunkowych wynosi 1,0 t/m<sup>2</sup>.

**17.6.7.6** Na okrętach ograniczonego rejonu żeglugi ciśnienia  $p = p_{13}$ , określone wg wzoru 17.6.7.1 dla ładunkowych pokładów osłoniętych, platform w siłowni, pokładów w pomieszczeniach oraz pokładu otwartego przeznaczonego do przewozu ładunku pokładowego, mogą być obniżone zgodnie ze wskazaniem podanymi w 17.2.1.2.

**17.6.7.7** 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 ciężkich sztuk ładunku lub wyposażenia, tzn. według 17.6.8.

## 17.6.8 Obciążenie od ciężkich sztuk ładunku, wyposażenia lub uzbrojenia

Składowe siły oddziałujące na konstrukcje podpierające i system mocowania ciężkich elementów ładunku, wyposażenia, uzbrojenia lub zapasów należy określać wg wzorów:

- siła pionowa działająca samodzielnie lub jednocześnie z siłą wzdłużną, określoną według wzoru 17.6.8-4:

$$P_v = (g + 0,5a_v)M, \quad [\text{kN}] \quad (17.6.8-1)$$

- siła pionowa rozpatrywana wraz z jednocześnie działającą siłą poprzeczną, określoną według wzoru 17.6.8-3:

$$P_{vt} = gM, \quad [\text{kN}] \quad (17.6.8-2)$$

- siła poprzeczna rozpatrywana wraz z jednocześnie działającą siłą pionową, określoną według wzoru 17.6.8-2:

$$P_t = 0,67a_T M, \quad [\text{kN}] \quad (17.6.8-3)$$

- siła wzdłużna rozpatrywana wraz z jednocześnie działającą siłą pionową, określoną według wzoru 17.6.8-1:

$$P_l = 0,67 a_L M, \quad [\text{kN}] \quad (17.6.8-4)$$

$M$  – masa rozpatrywanego elementu, [t];

$a_v$  – przyspieszenie pionowe, [m/s<sup>2</sup>], określone według 17.5.4.1;

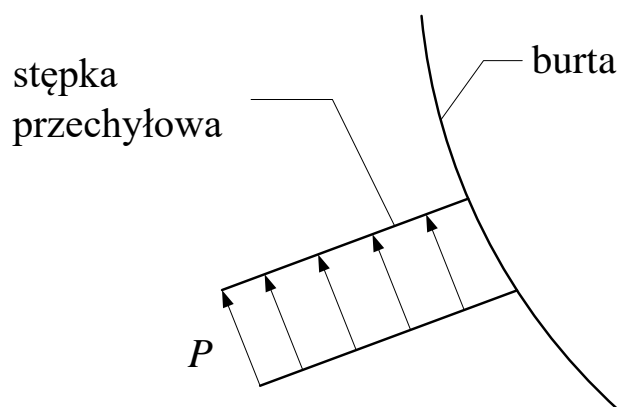
$a_T$  – przyspieszenie poprzeczne, [m/s<sup>2</sup>], określone według 17.5.4.2;

$a_L$  – przyspieszenie wzdłużne, [m/s<sup>2</sup>], określone według 17.5.4.3.

### 17.6.9 Obciążenie stępek przechyłowych

**17.6.9.1** Ciśnienie obliczeniowe na stępki przechyłowe (rys. 28.6.9.1) okrętów o długości  $L_0 > 50$  m, usytuowane w środkowej części okrętu należy obliczać ze wzoru:

$$P = \frac{90000 \cdot \rho}{(L_0 + 240)^{1,1}}, \quad [\text{kPa}] \quad (17.6.9.1)$$



Rys. 17.6.9.1

Ciśnienie obliczeniowe na stępki przechyłowe

W przypadku okrętów o długości  $L_0 \leq 50$  m, wartości ciśnień na stępki przechyłowe będą ustalone przez PRS odrębnie – z uwzględnieniem parametrów i cech okrętu (wymiary i kształt kadłuba, prędkość marszowa, itp.).

## C WYMAGANIA DODATKOWE ZWIĄZANE Z ZADANIAMI OKRĘTU I WYMAGANIA SPECJALNE

### 1 Zasady ogólne

#### 1.1 Wymagania ogólne

**1.1.1** Część C zawiera wymagania dodatkowe związane z bojowymi funkcjami okrętu oraz wymagania specjalne odnoszące się do wzmocnień lodowych kadłuba.

**1.1.2** Wymagania dotyczące odporności okrętu na działanie potencjalnych zagrożeń występujących w warunkach bojowych są określane przez Zamawiającego, w wymaganiach taktyczno-technicznych.

**1.1.3** W dziale C określono sposób wyznaczenia obciążeń związanych z działaniami bojowymi oraz wiele wymagań dotyczących konstrukcji kadłuba, wynikających ze specyficznych cech okrętów. Parametry ładunku wybuchowego oraz siły wynikające z działania własnego uzbrojenia (np. armaty, wyrzutnie) są każdorazowo specyfikowane przez Zamawiającego, m.in. na podstawie warunków określonych w specyfikacji uzbrojenia.

Wielkość i zasadnicze rozmieszczenie przewożonego ładunku lub zapasów oraz obciążenia dla urządzeń przeładunkowych powinny być każdorazowo określane przez Zamawiającego.

#### 1.2 Wpływ założonych zadań okrętu na konstrukcję kadłuba

##### 1.2.1 Wymagane cechy okrętu

**1.2.1.1** Żywotność okrętu (zdolność przetrwania w warunkach bojowych) zależy od następujących jego cech:

- trudności wykrycia okrętu na morzu;
- odporności okrętu na działanie potencjalnych zagrożeń występujących w warunkach bojowych;
- możliwości tymczasowej naprawy (w morzu)/przywrócenia gotowości technicznej lub bojowej pozwalającej na wykonanie zadania, (choć w ograniczonym zakresie).

Dążenie projektantów/konstruktorów okrętu do zapewnienia powyższych cech ma istotny wpływ na cechy okrętu i jego kadłuba.

Zagadnienia te są szerzej rozwinięte w punktach 1.2.2 do 1.2.4 oraz szczególnie w wytycznych projektowania okrętów wojennych zawartych w *Publikacji 30/I*.

##### 1.2.2 Trudność wykrycia okrętu na morzu

###### 1.2.2.1 Uwagi ogólne

Trudność wykrycia okrętu zależy od jego cech wymienionych w punktach 1.2.2.2 do 1.2.2.8.

Cechy te zależą w znacznym stopniu od kształtu i konstrukcji kadłuba okrętu i jego nadbudówek/pokładówek oraz elementów wyposażenia pokładowego oraz specjalnego.

###### 1.2.2.2 Widoczność okrętu

Cecha ta w zakresie widoczności wzrokowej lub środków wykrywania technicznego ma szczególnie istotne znaczenie w przypadku operowania na wodach przybrzeżnych. Zastosowanie mają tutaj elementy maskowania aktywnego i pasywnego.

Widoczność okrętu można zmniejszyć poprzez odpowiednie kształtowanie bryły/architektury okrętu, m.in. poprzez zastosowanie jak najniższych, płaskich i pochyłych ścian nadbudówek i pokładówek oraz pomalowanie konstrukcji odpowiednią farbą lub pokrycie ich odpowiednimi materiałami.

### 1.2.2.3 Promieniowanie podczerwone

Zwiększona temperatura okrętu w stosunku do temperatury otoczenia ułatwia jego wykrycie.

Wzrost temperatury wynika głównie z pracy silników spalinowych (napęd główny, generatory prądu), turbin, kotłów, wylotów powietrza z systemów wentylacji, klimatyzacji i filtrowentylacji itp.

Celowe może być usytuowanie zakończeń instalacji wydechowej pod wodą lub nisko nad wodnicą, przy czym instalacja ta może być chłodzona.

Może być zastosowane celowe chłodzenie całości okrętu lub niektórych jego fragmentów konstrukcji kadłuba i wyposażenia.

### 1.2.2.4 Wykrywalność okrętu przez radary

Wykrywalność przez radary można zmniejszyć poprzez ukształtowanie kadłuba i nadbudówek/pokładówek.

Korzystne jest zastosowanie dużych i płaskich fragmentów tych konstrukcji, pochylonych w stronę PS okrętu, z ostrymi krawędziami.

Celowe może być zastosowanie specjalnych osłon elementów wyposażenia okrętu, o kształcie określonym wyżej lub pokrycie ich odpowiednimi materiałami.

### 1.2.2.5 Promieniowanie elektromagnetyczne

Okręt zakłóca naturalne pole magnetyczne co ułatwia jego wykrycie lub umożliwia aktywację wrogiego uzbrojenia.

Zakłócenia te można skutecznie zredukować poprzez zastosowanie niemagnetycznych materiałów na kadłub okrętu i jego wyposażenie.

Skuteczną metodą jest także zastosowanie specjalnych osłon lub instalacji wokół urządzeń emitujących promieniowanie elektromagnetyczne.

### 1.2.2.6 Hałas

Okręt emituje hałas w powietrzu i w wodzie. Sposoby zmniejszenia tej emisji są opisane w rozdziale 12.

### 1.2.2.7 Ciśnienie hydrodynamiczne

Ciśnienie hydrodynamiczne w sąsiedztwie okrętu może aktywować miny podwodne.

Zmniejszenie tych ciśnień można uzyskać poprzez właściwy dobór urządzeń napędowych, optymalizację kształtu kadłuba z punktu widzenia pola hydrodynamicznego oraz ukształtowanie wystających części kadłuba.

### 1.2.2.8 Odpady ciekłe i stałe

Przechowywanie i obróbka odpadów na okręcie sprawia, że zmniejsza się możliwość wykrycia okrętu na morzu.

Wymagane przestrzenie na okręcie do gromadzenia i obróbki odpadów mają wpływ na podział przestrzenny i konstrukcję kadłuba.

## 1.2.3 Odporność okrętu na działanie potencjalnych zagrożeń występujących w warunkach bojowych

### 1.2.3.1 Uwagi ogólne

Odporność okrętu określona w tytule p. 1.2.3 to zdolność okrętu do przetrwania w warunkach określonych działań militarnych, tzn. zdolność do dalszego funkcjonowania okrętu przy zachowaniu wystarczającego poziomu bezpieczeństwa oraz zdolności do wykonywania zadań na morzu.

Wymagania dotyczące takiej odporności okrętu są określane przez Zamawiającego w wymaganiach taktyczno-technicznych.



Wymagania te mogą dotyczyć następujących zagadnień odporności bojowej okrętu:

- wybuchu powietrznego lub podwodnego;
- wybuchu wewnętrznego;
- drgań kadłuba (whipping);
- uderzenia odłamkami i pociskami broni małokalibrowej;
- przetrwania okrętu w warunkach znacznego uszkodzenia kadłuba (wytrzymałość resztkowa);
- użycia broni masowego rażenia (NBC).

Skutkiem powyższych działań bywają następujące uszkodzenia lub zagrożenia:

- wyczerpanie globalnej wytrzymałości granicznej kadłuba;
- utrata wyporności lub stateczności;
- utrata manewrowości i ruchu;
- pożar, którego nie można efektywnie zwalczyć wskutek destrukcji biernej i czynnej ochrony przeciwpożarowej;
- bezpośrednie uszkodzenia maszyn napędowych, wyposażenia lub systemów sterowania;
- bezpośrednie uszkodzenie systemu uzbrojenia;
- zagrożenie życia załogi.

### **1.2.3.2 Zakres wymagań niniejszych przepisów dotyczy odporności okrętu na zagrożenia w warunkach bojowych**

Niniejsze przepisy zawierają wiele wymagań i zaleceń dotyczących podwyższenia odporności okrętu zdefiniowanej w p. 1.2.3.1, których spełnienie skutkuje odpowiednim znakiem w symbolu klasy.

Te wymagania są wymienione w poniższych punktach 1.2.3.3 do 1.2.3.5.

### **1.2.3.3 Wytrzymałość kadłuba uszkodzonego**

Szczegółowe wymagania dotyczące tego problemu podano w rozdziale 6.

### **1.2.3.4 Wymagania dotyczące odporności na wybuchy powietrzne i podwodne**

Zalecenia dotyczące podziału przestrzennego i konstrukcji kadłuba podano w rozdziale 2.

Szczegółowe wymagania dotyczące wymiarowania elementów konstrukcji podano w rozdziale 4.

### **1.2.3.5 Zastosowanie osłon przeciwbalistycznych i pancerzy**

Zastosowanie osłon przeciwbalistycznych i pancerzy poprawia odporność okrętu na oddziaływanie pocisków w warunkach bojowych.

Szczegółowe wymagania dotyczące rejonów okrętu ochraniających w ten sposób i parametrów osłon balistycznych i pancerzy określa Zamawiający w wymaganiach taktyczno-technicznych.

Problem połączeń osłon balistycznych/pancerzy z konstrukcją kadłuba okrętu będzie rozpatrywana przez PRS odrębnie.

Osłony balistyczne i pancierz powinny być mocowane do kadłuba, tak aby nie podlegały istotnym obciążeniom wskutek sprężystych odkształceń kadłuba.

Obciążenia od ciężaru osłon balistycznych i pancerza i działające na nie obciążenia balistyczne należy uwzględnić przy projektowaniu kadłuba.

Pewne wymagania dotyczące osłon balistycznych i pancerzy podano w podrozdziale 4.5.

## **1.2.4 Możliwość tymczasowej naprawy okrętu w morzu**

**1.2.4.1** Możliwość tymczasowej naprawy w morzu uszkodzonej konstrukcji kadłuba zależy istotnie od liczebności i kwalifikacji załogi okrętu oraz od organizacji jej funkcjonowania, a także wyposażenia okrętu w sprzęt OPA oraz wyposażenia warsztatów okrętowych.

Zagadnienia te są zasadniczo poza zakresem wymagań niniejszych przepisów, poza określeniem przez Zamawiającego zestawu do walki o żywotność okrętu (OPA) oraz wyposażenia warsztatu okrętowego.

### 1.3 Wymagana dokumentacja

**1.3.1** Do rozpatrzenia przez PRS należy przedstawić dokumentację pokazującą w jaki sposób zostały spełnione założone wymagania odporności okrętu na działanie określonych zagrożeń oraz wymagania PRS odnoszące się do zadań okrętu.

Tam, gdzie PRS wymaga przeprowadzenia obliczeń metodami bezpośrednimi należy przedstawić informacje o programie obliczeniowym, założenia i dane do obliczeń (w tym obciążenia), model obliczeniowy oraz wyniki obliczeń, a także analizę ryzyka odnoszącą się do hipotetycznych uszkodzeń, ich zakresu i zasięgu.

W przypadku prób modelowych, przeprowadzonych dla weryfikacji obliczeń, należy przedstawić PRS opis modelu i zastosowanej aparatury badawczej, informację o obciążeniach i sposobie ich zadawania oraz wyniki prób.

**1.3.2** Należy przedstawić obliczenia i rysunki konstrukcyjne, potwierdzające spełnienie wymagań odporności w odniesieniu do zagadnień wymienionych w p. 1.2.3.1.

**1.3.3** Należy przedstawić rysunki pokazujące układ i szczegóły konstrukcyjne, oraz założone obciążenia, dla:

- wzmocnienia konstrukcji dna okrętów desantowych,
- lądowisk śmigłowców,
- pokładów do transportu pojazdów,
- wzmocnień w rejonach posadowienia uzbrojenia, w tym armat i wyrzutni,
- wzmocnień w rejonie szybu stacji hydrolokacyjnej,
- wzmocnień w rejonie urządzeń przeładunkowych,
- masztów,
- innych specyficznych konstrukcji w zależności od typu okrętu.

**1.3.4** Wzmocnienia lodowe należy przedstawić na rysunkach rejonów konstrukcji kadłuba, w których je zastosowano.

### 1.4 Materiały i spawanie

**1.4.1** Okręty, które mają spełniać wymagania odporności na działanie określonych zagrożeń, powinny odpowiadać poniższym wymaganiom odnoszącym się do stosowania materiałów dodatkowych do spawania w wyznaczonych rejonach (patrz tabela 1.4.1).

Wymagania mają zastosowanie do płyt, usztywnień, fundamentów, złączy spawanych, znajdujących się w rejonach wymienionych poniżej, o ile nie określono inaczej. W odniesieniu do części wystających oraz armatury zaburtowej należy zastosować kryteria nie niższe jak dla poszycia kadłuba. Zabrania się stosowania wyrobów z materiałów „kruchych”. Należy stosować materiały o wysokiej odporności udarowej (ciągliwe).

**Tabela 1.4.1**  
**Rodzaj zakładanej odporności i rejon zastosowania odpowiednich wymagań**

Rodzaj zakładanej odporności okrętu	Rejon kadłuba, do którego mają zastosowanie ww. wymagania
wybuch nadwodny i nawodny	nadwodna część kadłuba i nadbudówek oraz pokłady górne
udar od wybuchu podwodnego	poszycie kadłuba
wybuch wewnętrzny	grodzie poprzeczne i wzdłużne wliczone jako konstrukcje ochronne
drżania ogólne kadłuba/whipping	mocnica pokładowa, mocnica burtowa, pas obłowy, pas przystępkowy, stępka

**1.4.2** W rejonie  $-0,3L < x < 0,3L$  należy zastosować pasy zatrzymujące pęknięcia, wykonane ze stali kategorii E.

W przypadku wymagania odporności na udar od wybuchu podwodnego powyższe pasy obejmują mocnicę pokładową, mocnicę burtową, pas obłowy, pas przystępkowy oraz pas stępkowy.

W przypadku wymagania odporności na drgania ogólne kadłuba/whipping pasy te obejmują mocnicę pokładową, mocnicę burtową, pas obłowy, pas przystępkowy oraz stępkę.

Jeżeli poszycie kadłuba jest wykonane całkowicie ze stali kategorii D, to zakres zastosowania stali kategorii E będzie rozpatrywany przez PRS odrębnie.

**1.4.3** Do wykonania połączeń spawanych elementów konstrukcji ze stali o różnych kategoriach (A, B, D, E) należy zastosować materiały dodatkowe do spawania właściwe dla stali o wyższej kategorii.

**1.4.4** Do wykonania połączeń spawanych elementów konstrukcji ze stali o różnej wytrzymałości można zastosować dodatki właściwe dla stali o niższej wytrzymałości.

**1.4.5** Należy stosować materiały dodatkowe do spawania zgodnie z wymaganiami określonymi w tabeli 1.4.5, w zależności od wytrzymałości i kategorii stali.

**Tabela 1.4.5**  
**Materiały dodatkowe do spawania**

Kategoria stali	Normalnie stosowane materiały dodatkowe do spawania	Materiały dodatkowe do spawania konstrukcji wymienionych w p. 1.4.1, 1.4.2
A	1	1
AH32	1Y	2Y
AH36	1Y	2Y
AH40	2Y40	2Y40
B	2	2
D	2	3
DH32	2Y	3Y
DH36	2Y	3Y
DH40	3Y40	3Y40
E	3	4
EH32	3Y	4Y
EH36	3Y	4Y
EH40	4Y40	4Y40

## **2 ODPORNOŚĆ KADŁUBA NA USZKODZENIA**

### **2.1 Wymagania ogólne**

Ograniczenie strefy zniszczeń, spowodowanych działaniem środków bojowych o założonych parametrach, należy zapewnić przez właściwy podział kadłuba grodziami poprzecznymi, wzdłużnymi i pokładami posiadającymi odpowiednią wytrzymałość.

Dla zapewnienia wytrzymałości ogólnej w stanie awaryjnym zaleca się stosować w konstrukcji kadłuba wzdłużne wiązary skrzynkowe, umieszczone w rejonie pokładu po lewej i prawej burcie oraz odpowiednią konstrukcję wzdłużną rusztu dennego (stępka skrzynkowa itp).

### **2.2 Optymalizacja podziału grodziowego kadłuba**

W celu optymalizacji podziału grodziowego kadłuba zaleca się wykonać analizę sposobów poprawienia odporności okrętu na uszkodzenia zgodnie z wytycznymi zawartymi w dokumentach NATO, np. ANEP 43 „Ship Combat Survivability”. Sposoby poprawienia odporności okrętu na uszkodzenia należy analizować dla stanów awaryjnych na następujących poziomach:

- zapewnienia pływalności,
  - zapewnienia ruchu i manewrowości okrętu,
  - zapewnienia zdolności bojowych.
-

### 3 WYMAGANIA ZWIĄZANE Z OBRONĄ PRZED BRONIĄ MASOWEGO RAŻENIA

#### 3.1 Wymagania ogólne

Skutkiem użycia broni masowego rażenia (NBC) należy przeciwdziałać, tworząc na okręcie zamknięte i autonomiczne strefy lub schrony/cytadele chroniące ludzi przed konsekwencjami jej oddziaływania.

Odpowiednie wymagania są zawarte w podrozdziale 3.3. Zamawiający może zmienić zakres ich stosowania w zależności od typu i wielkości okrętu, a także przyjętej organizacji i struktury dowodzenia i kierowania walką.

Zaleca się, aby przy podejmowaniu decyzji o położeniu stref i konstrukcji kadłuba ograniczających te strefy, brać pod uwagę wyniki analizy sposobów poprawienia odporności kadłuba na uszkodzenia (patrz podrozdział 2.2).

#### 3.2 Określenia

Dla potrzeb rozdziału 3 wprowadza się następujące dodatkowe określenia:

**Cytadela** – gazoszczelny rejon okrętu ograniczony poszyciem kadłuba oraz ścianami i pokładami nadbudówek zawierający wewnątrz grupę gazoszczelnych stref.

Cytadela wyposażona jest w niezależne systemy niezbędne do stworzenia obszaru wolnego od zagrożeń powodowanych przez broń NBC.

**Strefa** – gazoszczelna grupa pomieszczeń wewnątrz cytadeli wyposażona w część lub wszystkie niezależne systemy konieczne do stworzenia obszaru wolnego od zagrożeń powodowanych przez broń NBC. Wymaga się, by w każdej strefie znajdował się niezależny system wentylacji/klimatyzacji wyposażony w filtry NBC.

Granice stref powinny pokrywać się z poprzecznymi grodziami wodoszczelnymi i rozciągać się od stępki do najwyższego pokładu pokładówki lub nadbudówki.

**Schron** – wydzielone gazoszczelne pomieszczenie(a) na okręcie wyposażone w służę, węzeł zabiegów specjalnych i system filtrowentylacyjny.

**Śluz** – przedsionek do wchodzenia/wychodzenia z pomieszczeń gazoszczelnych, w tym także z węzłów zabiegów specjalnych.

#### 3.3 Ogólne wymagania projektowe obrony przed bronią masowego rażenia

**3.3.1** Wydzielenie cytadeli i jej podziału na strefy jest zalecane w przypadku okrętów względnie dużych. Konieczność spełnienia tego wymagania dla konkretnego okrętu określa Zamawiający.

**3.3.2** Cytadelę należy podzielić na co najmniej cztery strefy, każda o długości nie większej niż 30 m. Łączna długość dwóch przyległych stref powinna być nie mniejsza niż  $0,3L_w$  i nie większa niż  $0,5L_w$ . Zamawiający może jednak określić inny podział na strefy.

**3.3.3** Każda strefa powinna być wyposażona w co najmniej dwie śluzy posiadające dostęp z pokładu otwartego. Przejścia pomiędzy strefami również należy wyposażyć w śluzy.

**3.3.4** Kanały wentylacyjne i szyby nie mogą przechodzić przez grodzie stanowiące granice stref.

**3.3.5** Na okrętach, na których nie zastosowano stref należy przewidzieć schrony.

**3.3.6** Należy przewidzieć pomieszczenia, posiadające odpowiednią izolację, umiejscowione w głębi kadłuba, dające załodze osłonę przed promieniowaniem w czasie ataku nuklearnego. Całe wyposażenie zasadnicze takich pomieszczeń powinno być odporne na promieniowanie i impuls elektromagnetyczny.

**3.3.7** Materiały zastosowane na konstrukcję okrętu i jego wyposażenie nie powinny emitować toksycznych gazów i wtórnego promieniowania.

**3.3.8** Wszystkie pomieszczenia oraz wyposażenie znajdujące się zewnątrz cytadeli powinny być tak zaprojektowane i uszczelnione, aby po zabiegu dezaktywacji nie występowało gromadzenie się zanieczyszczeń resztkowych w otworach, wnękach itp.

**3.3.9** Obsługa i konserwacja wyposażenia pokładowego powinna być możliwa przez personel noszący środki indywidualnej ochrony.

#### **3.4 Wymagania odnoszące się do wytrzymałości konstrukcji gazoszczelnych**

**3.4.1** Konstrukcje gazoszczelne, niezależnie od spełnienia wymagań zawartych w dziale B i rozdziale 2, gdy mają one zastosowanie, powinny wytrzymać oddziaływanie ciśnienia równego podwojonej wartości maksymalnej różnicy ciśnień powietrza po obu stronach poszycia, jaka może powstać w czasie eksploatacji.

**3.4.2** Wszystkie otwory w konstrukcjach gazoszczelnych powinny być zaopatrzone w gazoszczelne zamknięcia o wytrzymałości odpowiadającej konstrukcji, w której są umieszczone. Zamknięcia powinny spełniać odpowiednie wymagania zawarte w *Części III – Wyposażenie kadłubowe*.

## 4 OBCIĄŻENIA OD WYBUCHÓW I ODZEW KONSTRUKCJI

### 4.1 Zasady ogólne

#### 4.1.1 Zastosowanie

Niniejszy rozdział 4 ma zastosowanie do okrętów, którym Zamawiający postawił wymogi odporności na oddziaływanie wybuchu powietrznego, podwodnego lub wewnątrz okrętu o określonych parametrach ładunku wybuchowego (podrozdział 4.2, 4.3, 4.4) albo odporności na oddziaływanie odłamków i pocisków małego kalibru (podrozdział 4.5).

#### 4.1.2 Zalecenia dotyczące konstrukcji okrętu

Spełnienie poniższych zaleceń dotyczących konstrukcji kadłuba przyczynia się do wzrostu odporności okrętu na obciążenia od wybuchów:

- należy zastosować stale, stopy aluminium i inne materiały o wysokiej wytrzymałości i ciągliwości;
- materiały stosunkowo twarde, jak np. odlewy stalowe i żeliwne nie powinny być stosowane;
- należy dążyć do stosowania wzdłużnego systemu usztywnień konstrukcji kadłuba;
- środniki i mocniki wiązarów powinny być odpowiednio usztywnione;
- przekroje poprzeczne wiązarów i usztywnień poszycia powinny być symetryczne;
- wzdłużne elementy konstrukcji kadłuba powinny zachować swe wymiary i ciągłość na jak największej długości kadłuba;
- należy unikać koncentracji naprężeń w poszyciu kadłuba starannie projektując przejścia rurociągów i skalopsy w elementach konstrukcji połączonych z poszyciem;
- należy unikać bezpośrednich zamocowań do poszycia kadłuba elementów wyposażenia okrętu;
- zbiorniki w dnie podwójnym powinny być przystosowane do ich częściowego zapełnienia w warunkach rejsowych;
- elementy wyposażenia okrętu powinny być posadowione elastycznie.

### 4.2 Wybuch powietrzny

#### 4.2.1 Postanowienia ogólne

**4.2.1.1** Postanowienia niniejszego podrozdziału 4.2 mają zastosowanie dla przybliżonego określenia parametrów fali uderzeniowej spowodowanej zewnętrznym wybuchem powietrznym oraz jej oddziaływania na okręt.

**4.2.1.2** Parametry fali uderzeniowej oblicza się dla ładunków kulistych, których moc wybuchu określona jest równoważnikiem trotylowym. Promień ładunku wybuchowego należy obliczać wg wzoru:

$$r_0 = 0,052\sqrt[3]{G}, \text{ [m]} \quad (4.2.1.2)$$

$G$  – masa ładunku trotylu (równoważnik trotylowy), [kg].

**4.2.1.3** Ze względu na wysokość wybuchu rozróżnia się:

.1 wybuch nadwodny (powietrzny) – gdy:

$$H \geq 0,35\sqrt[3]{G}, \text{ [m]} \quad (4.2.1.3-1)$$

.2 wybuch nawodny – gdy:

$$H < 0,35\sqrt[3]{G}, \text{ [m]} \quad (4.2.1.3-2)$$

$H$  – wysokość wybuchu nad powierzchnią morza (terenu), [m];

$G$  – masa ładunku trotylu (równoważnik trotylowy), [kg].



## 4.2.2 Parametry powietrznej fali uderzeniowej

4.2.2.1 Maksymalne nadciśnienie fali uderzeniowej należy obliczać wg poniższych wzorów:

– dla wybuchu nadwodnego (powietrznego):

$$\Delta p_m = 98 \left[ 0,84 \frac{\sqrt[3]{G}}{R} + 2,7 \left( \frac{\sqrt[3]{G}}{R} \right)^2 + 7 \left( \frac{\sqrt[3]{G}}{R} \right)^3 \right], \text{ [kPa]} \quad (4.2.2.1-1)$$

– dla wybuchu nawodnego:

$$\Delta p_m = 98 \left[ 1,06 \frac{\sqrt[3]{G}}{R} + 4,3 \left( \frac{\sqrt[3]{G}}{R} \right)^2 + 14 \left( \frac{\sqrt[3]{G}}{R} \right)^3 \right], \text{ [kPa]} \quad (4.2.2.1-2)$$

$G$  – masa ładunku trotylu (równoważnik trotylowy), [kg];

$R$  – odległość od środka ładunku, [m].

4.2.2.2 Długość fazy nadciśnienia fali uderzeniowej należy obliczać wg wzoru:

$$\tau_+ = 0,0015 \sqrt[6]{G} \sqrt{R}, \text{ [s]} \quad (4.2.2.2)$$

$G$  – masa skupionego ładunku trotylu (równoważnik trotylowy), [kg];

$R$  – odległość od środka ładunku, [m].

4.2.2.3 Impuls nadciśnienia fali uderzeniowej należy obliczać wg wzorów:

– dla wybuchu powietrznego:

$$i = 0,343 \frac{G^{2/3}}{R}, \text{ [kPa s]}, \text{ dla } 1 \leq \frac{R}{\sqrt[3]{G}} \leq 16 \quad (4.2.2.4-1)$$

– dla wybuchu nawodnego:

$$i = 0,529 \frac{G^{2/3}}{R}, \text{ [kPa s]}, \text{ dla } 1 \leq \frac{R}{\sqrt[3]{G}} \leq 16 \quad (4.2.2.4-2)$$

$G$  – masa skupionego ładunku trotylu (równoważnik trotylowy), [kg];

$R$  – odległość od środka ładunku, [m].

## 4.2.3 Obciążenie udarowe poszycia kadłuba

4.2.3.1 W obliczeniach konstrukcji przegrody (burty okrętu, pokładu, itp.), należy uwzględnić efekt wzmocnienia impulsu ciśnienia fali padającej przez fałę odbitą od przegrody. W związku z tym maksymalne nadciśnienie udarowe działające na przegrodę pochodzące od prostopadle padającej fali uderzeniowej, należy obliczyć wg wzoru:

$$q_m = 2\Delta p_m + \frac{6\Delta p_m^2}{\Delta p_m + 7p_0}, \text{ [kPa]} \quad (4.2.3.1)$$

$\Delta p_m$  – maksymalne nadciśnienie fali uderzeniowej wg 4.2.2.1, [kPa];

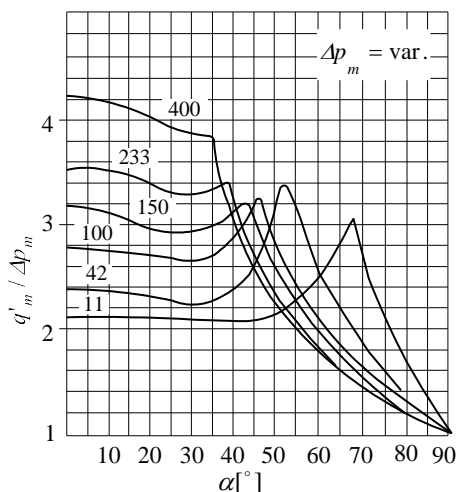
$p_0$  – ciśnienie statyczne powietrza przy przegrodzie, [kPa].

4.2.3.2 Przebieg zmiany nadciśnienia działającego na przegrodę, w przedziale czasu  $\langle 0; \tau_+ \rangle$ , należy określić wg wzoru:

$$\Delta q_m(t) = q_m \left( 1 - \frac{t}{\tau_+} \right) \cdot \exp \left( -\frac{t}{\tau_+} \right), \text{ [kPa]} \quad (4.2.3.2)$$

- $q_m$  – maksymalne nadciśnienie udarowe działające na przegrodę wg 4.2.3.1, [kPa];  
 $t$  – czas, [s];  
 $\tau_+$  – długość fazy nadciśnienia fali uderzeniowej wg wzoru 4.2.2.2, [s].

**4.2.3.3** Maksymalne ciśnienie udarowe działające na przegrodę, pochodzące od fali uderzeniowej o kącie padania na przegrodę wynoszącym  $0 < \alpha < 90^\circ$ , można oszacować na podstawie wykresu na rys. 4.2.3.3.



Rys. 4.2.3.3 Zależność  $q'_m / \Delta p_m = f(\alpha)$  dla różnych wartości  $\Delta p_m$ .

- $q'_m$  – maksymalne ciśnienie udarowe na przegrodzie, pochodzące od fali uderzeniowej o kącie padania  $\alpha$ , [kPa];

Kąt  $\alpha$  padania fali uderzeniowej, tj. kąt ostry pomiędzy kierunkiem przemieszczania się czoła fali uderzeniowej a prostopadłą do powierzchni przegrody w rozpatrywanym punkcie.

#### 4.2.4 Zastępcze obciążenie statyczne konstrukcji od wybuchu powietrznego

**4.2.4.1** Wytrzymałość wiązań można sprawdzać dla obciążeń obliczeniowych (ciśnień) działających statycznie, odpowiadających obciążeniom udarowym.

**4.2.4.2** Obliczeniowe obciążenie dla pionowych i przyległych do nich poziomych odkrytych fragmentów (elementów) konstrukcji okrętu, należy obliczać wg wzoru:

$$p_{obl} = k_d \cdot q'_m, \text{ [kPa]} \quad (4.2.4.2)$$

$k_d = 1,5$  – burty w rejonie nadbudówek;

$k_d = 1,3$  – burty w rejonie poza nadbudówkami, pokład zewnętrzny (główny) przylegający do nadbudówki na długości równej wysokości lub szerokości nadbudówki (należy przyjąć wartość większą), inne odpowiedzialne pionowe fragmenty konstrukcji;

$k_d = 1,2$  – pionowe konstrukcje osłaniające stanowiska dowodzenia i ważne stanowiska bojowe;

$k_d = 1,0$  – ściany nadbudówek i inne pionowe fragmenty konstrukcji;

- $q'_m$  – maksymalne ciśnienie udarowe na przegrodzie, pochodzące od fali uderzeniowej o kącie padania  $\alpha$ , określone według wykresu na rys. 4.2.3.1.

**4.2.4.3** Obliczeniowe obciążenie dla poziomych odkrytych fragmentów (elementów) konstrukcji okrętu nie wymienionych w p. 4.2.4.2, należy obliczać wg wzoru:

$$p_{obl} = k_d \cdot \Delta p_m, \text{ [kPa]} \quad (4.2.4.3)$$

- $k_d = 1,3$  – nieosłonięte i nie przylegające do nadbudówek fragmenty pokładu zewnętrznego (głównego) i inne odpowiedzialne poziome fragmenty konstrukcji;  
 $k_d = 1,2$  – poziome konstrukcje osłaniające stanowiska dowodzenia i stanowiska bojowe;  
 $k_d = 1,0$  – pokłady nadbudówek i inne poziome fragmenty konstrukcji;  
 $\Delta p_m$  – maksymalne nadciśnienie bezpośredniej fali uderzeniowej określone wg 4.2.2.1, [kPa].

#### 4.2.5 Wymiarowanie konstrukcji na podstawie zastępczych obciążeń statycznych

**4.2.5.1** Grubość płyt poszycia poddanych obciążeniu od wybuchu powietrznego powinna być nie mniejsza niż grubość obliczona wg wzoru:

$$t = 15,8 k_a s \sqrt{\frac{p_{obl}}{f R_e}}, \text{ [mm]} \quad (4.2.5.1)$$

$l$  – długość dłuższego boku pola płytowego, [m];

$s$  – długość krótszego boku pola płytowego, [m];

$p_{obl}$  – ciśnienie obliczeniowe, [kPa], wg p. 4.2.4;

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

$f$  – współczynnik umocnienia materiału przy obciążeniach krótkotrwałych;

$f = 1,2$  – dla stali;  $f = 1,09$  – dla stopów aluminium.

**4.2.5.2** Wskaźnik plastyczny wytrzymałości na zginanie usztywnienia z pasem współpracującym poszycia powinien być nie mniejszy niż wskaźnik obliczony wg wzoru:

$$W_{pl} = \frac{1000 p_{obl} l^2 b}{m f R_e}, \text{ [cm}^3\text{]} \quad (4.2.5.2)$$

$W_{pl}$  – wskaźnik plastyczny wytrzymałości na zginanie usztywnienia z pasem współpracującym poszycia. Pas współpracujący poszycia należy określić zgodnie z zasadami teorii nośności granicznej płyt ściskanych.

$l$  – rozpiętość usztywnienia, [m], wg A/3.2.1;

$b$  – szerokość pasa poszycia podpieranego przez rozpatrywane usztywnienie, [m];

$p_{obl}$  – ciśnienie obliczeniowe wg p. 4.2.4, [kPa];

$m = 16$  – dla belki utwierdzonej na końcach;

$m = 8$  – dla belki swobodnej podpartej;

$f$  – współczynnik umocnienia materiału przy obciążeniach krótkotrwałych;

$f = 1,2$  – dla stali;  $f = 1,09$  – dla stopów aluminium.

**4.2.5.3** Należy oszacować wytrzymałość wiązarów nadbudówek i kadłuba ponad linią zanurzenia wg wymagań rozdziału B/14. Należy przyjmować naprężenia dopuszczalne o 30% wyższe od wartości określonych wg B/14.5.3. Sumując naprężenia strefowe i od zginania ogólnego na wodzie spokojnej i fali wg zasad podanych w B/14.5.3.2 należy dodatkowo uwzględnić naprężenia od zginania ogólnego, w płaszczyźnie poziomej i pionowej, pochodzące od zadziaływania fali uderzeniowej od wybuchu powietrznego (p. 4.2.5.4).

Wartość momentu zginającego na wodzie spokojnej należy określić wg B/15.4, a jako wartość momentu zginającego falowego należy przyjmować 59% wartości określonej wg B/15.5.

**4.2.5.4** Należy określić naprężenia od zginania ogólnego w płaszczyźnie poziomej i pionowej pochodzące od zadziaływania fali uderzeniowej od wybuchu powietrznego. Dopuszczalne jest zastosowanie do obliczeń modelu konstrukcji okrętu w postaci belki.

**4.2.5.5** W celu optymalizacji ciężaru konstrukcji okrętu zaleca się wykonać obliczenia MES wg zasad podanych w p. 4.2.6.

#### 4.2.6 Obliczenia MES

**4.2.6.1** Wykonując obliczenia MES wg 4.2.6.2 i 4.2.6.3 należy przyjmować sprężysto-plastyczny model materiału konstrukcji.

Należy stosować analizę dynamiczną, przyjmując obciążenia w formie krótkotrwałe działającego ciśnienia udarowego. Dla frontowych ścian pionowych odkrytych fragmentów (elementów) konstrukcji okrętowych zaleca się przyjmować zanikający kształt przebiegu ciśnienia udarowego w funkcji czasu (patrz rys. 5.5.3.2a). Metodę wyznaczania wielkości  $t_1$  należy uzgodnić z PRS. Wielkość  $p_m$  należy przyjmować jako równą wartości  $q'_m$  (p. 4.2.3.3). Inny niż zanikający kształt przebiegu ciśnienia udarowego może być zaakceptowany przez PRS, po przedstawieniu wyników badań eksperymentalnych lub literatury specjalistycznej. Dla ścian innych niż pionowe ściany frontowe metodykę wyznaczania kształtu przebiegu ciśnienia udarowego w funkcji czasu należy uzgodnić z PRS.

W sprężysto-plastycznym modelu pracy materiału konstrukcji zaleca się uwzględnić zjawisko umocnienia się materiału w wyniku krótkotrwałe działającego ciśnienia. Przejawia się ono w podwyższeniu granicy plastyczności i obniżeniu wielkości wydłużenia, przy której następuje pęknięcie próbki materiału podczas próby rozciągania.

Powyższą zależność należy określić na podstawie badań eksperymentalnych lub literatury specjalistycznej i przedstawić do zaakceptowania przez PRS.

Powstające w wyniku działania fali uderzeniowej odkształcenia nie powinny naruszać integralności i gazoszczelności konstrukcji nadbudówki i kadłuba. Przy spełnieniu powyższego warunku dopuszczalne są odkształcenia plastyczne poszycia pomiędzy usztywnieniami, o ile wykonane obliczenia wykażą odporność usztywnienia na wyobczenie pod wpływem naprężeń ściskających od ogólnego zginania kadłuba.

**4.2.6.2** Zakładając krótkotrwałe działanie ciśnienia udarowego należy dokonać analizy:

- .1** przemieszczeń i naprężeń w pojedynczej płycie poszycia z uwzględnieniem oddziaływania sił tarczowych. Zaleca się przyjąć model w postaci pasma poszycia o jednostkowej szerokości, uwzględniający siły osiowe oraz utwierdzenie końców pasma. Obliczenia należy prowadzić w zakresie dużych przemieszczeń z uwzględnieniem odkształceń plastycznych. Dopuszczalne jest średnie wydłużenie powierzchni środkowej płyty pomiędzy usztywnieniami wynoszące nie więcej niż 10% wielkości wydłużenia względnego  $A_5$  zastosowanego materiału.
- .2** przemieszczeń i naprężeń dla pojedynczego usztywnienia ze współpracującym paskiem poszycia. Należy założyć utwierdzenie końców usztywnienia i pominąć ugięcie poszycia pomiędzy usztywnieniami. Naprężenia nie powinny przekraczać granicy plastyczności  $R_{edyn}$ , gdzie  $R_{edyn}$  – granica plastyczności materiału w warunkach obciążenia udarowego.

**4.2.6.3** Zakładając krótkotrwałe działanie ciśnienia udarowego należy dokonać analizy przemieszczeń i naprężeń w przestrzennym segmencie obejmującym ściany i najwyższy ciągły pokład nadbudówki w obrębie jednego przedziału grodziowego. Metodykę obliczeń i wartości naprężeń dopuszczalnych należy przyjmować zgodnie z wymaganiami 4.2.5.3.

**4.2.6.4** Należy określić naprężenia od zginania ogólnego w płaszczyźnie pionowej i poziomej, zakładając krótkotrwałe działanie ciśnienia udarowego. Dopuszczalne jest zastosowanie do obliczeń modelu konstrukcji okrętu w postaci belki. Dla okrętów o długości  $L_0 \geq 70$  m zaleca się wykonać analizę ugięć i naprężeń w ich konstrukcji, zakładając krótkotrwałe działanie ciśnienia udarowego na nawodną część okrętu, przy zastosowaniu modelu konstrukcji okrętu jako trójwymiarowego modelu MES.

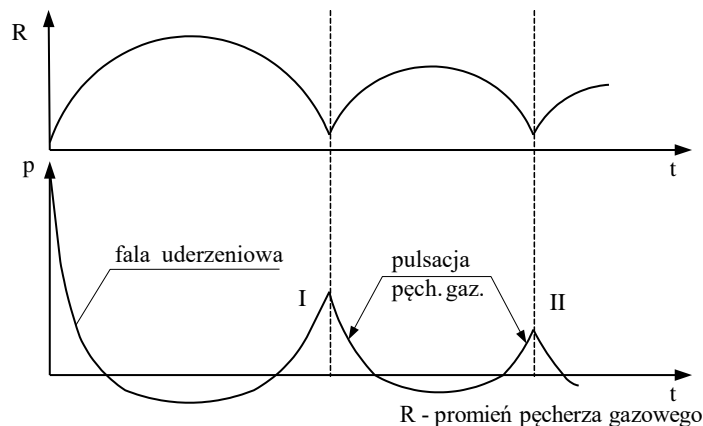
**4.2.6.5** Metodykę obliczeń MES należy uzgodnić z PRS.

**4.2.6.6** Wykonane obliczenia i ich wyniki należy przedstawić do rozpatrzenia przez PRS.

### 4.3 Wybuch podwodny

#### 4.3.1 Uwagi ogólne

##### 4.3.1.1 Schemat przebiegu wybuchu podwodnego



Rys. 4.3.1.1

Analizując oddziaływanie wybuchu podwodnego na kadłub okrętu zaleca się uwzględnić następujące zjawiska:

- 1) pulsację pęcherza gazowego. Formujący się pęcherz gazowy rozszerza się aż do osiągnięcia maksymalnego promienia, przy którym ciśnienie gazu osiąga wartość minimalną znacznie poniżej ciśnienia hydrostatycznego. Pęcherz gazowy zaczyna wtedy gwałtownie zmniejszać swoją objętość. W następstwie tego ciśnienie  $p$  wewnątrz pęcherza wzrasta, co powoduje, że po krótkim czasie pęcherz gazowy zaczyna się znów rozszerzać. Zjawisko to powtarza się kilkakrotnie, zanim pęcherz gazowy nie wypłynie na powierzchnię wody (rys. 4.3.1.1).

Efektom pulsacji pęcherza gazowego są drgania ogólne kadłuba („whipping”) – patrz p. 4.3.8. Zjawisko to potęguje się gdy częstość drgań własnych kadłuba okrętu jest bliska częstości pulsacji pęcherza gazowego.

- 2) oddziaływanie lokalne wodnej fali uderzeniowej w wyniku rozszerzania się pęcherza gazowego powstałego z detonacji materiału wybuchowego. Oddziaływanie lokalne wodnej fali uderzeniowej przy pominięciu wpływu pęcherza gazowego, przejawia się propagacją impulsu ciśnienia i powstaniem drgań giętnych belki kadłuba.

Fala uderzeniowa padając na przegrodę ulega odbiciu i załamaniu (rys. 4.3.4.1). Zjawisko komplikuje dodatkowo fakt, że ruch poszycia względem usztywnień pod wpływem fali uderzeniowej powoduje gwałtowne zmniejszenie ciśnienia fali, co prowadzi do zjawiska kawitacji.

Znaczna prędkość uginania się płyty poszycia wymaga uwzględnienia tego zjawiska w określaniu ciśnienia oddziałującego na płytę.

Złożony charakter procesu wybuchu podwodnego powoduje, że analityczne lub numeryczne metody oceny wytrzymałości konstrukcji nie są wystarczająco pewne. Duże znaczenie w podniesieniu odporności udarowej konstrukcji ma odpowiednie kształtowanie węzłów konstrukcji, minimalizujące koncentrację naprężeń.

Pewność wyników, co do zachowania konstrukcji pod działaniem podwodnej fali uderzeniowej, mogą dać tylko badania modelowe fragmentów konstrukcji kadłuba w skali 1:1. Dlatego też w przypadku okrętów przeciwminowych lub okrętów bojowych, którym postawiono wymóg określonej odporności na wybuch podwodny, zaleca się wykonać badania modelowe dla weryfikacji obliczeń.

W podrozdziale 4.3.3 podano formuły do przybliżonego określania parametrów obciążeń w obliczeniach odzewu konstrukcji okrętu na obciążenia udarowe od wybuchów podwodnych.

W przypadku okrętów przeciwminowych i okrętów bojowych, którym Zamawiający postawił wymóg określonej odporności na wybuch podwodny, należy wykonać obliczenia MES odzewu kadłuba okrętu wg zasad podanych w podrozdziale 4.3.6 – jeżeli nie przeprowadzono określonych wyżej badań modelowych.

**4.3.1.2** Jeżeli pęcherz gazowy po wybuchu podwodnym jest tej wielkości, że odległość jego środka od kadłuba okrętu jest mniejsza niż dwa maksymalne promienie pęcherza, to należy oczekiwać, że wybuch spowoduje znaczne lokalne uszkodzenia kadłuba.

Prowadzenie analizy wytrzymałości lokalnej jest w tym przypadku niecelowe.

### 4.3.2 Liczba udarowa

**4.3.2.1** Konstrukcja okrętu powinna posiadać odpowiednią wytrzymałość na wybuchy podwodne. Umowną miarą odporności udarowej okrętu jest liczba udarowa obliczona ze wzoru:

$$u = \frac{\sqrt{G}}{R} \quad (4.3.2.1)$$

$G$  – masa równoważnika trotylowego skupionego ładunku wybuchowego, [kg];

$R$  – odległość od poszycia burty okrętu do środka ładunku (patrz rys. 4.3.2.1):

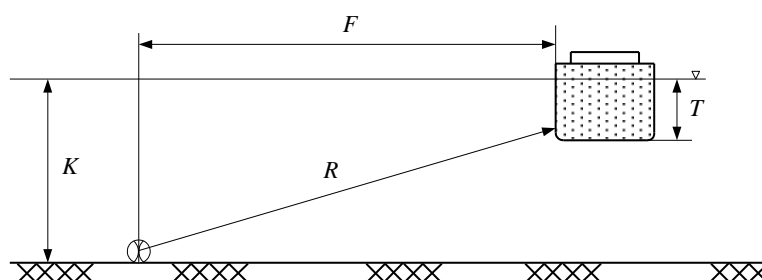
$$R = \sqrt{F^2 + (K - T)^2}, \text{ [m];}$$

$F$  – odległość od burty okrętu do epicentrum wybuchu, [m];

$K$  – głębokość zanurzenia ładunku, [m];

$T$  – zanurzenie kadłuba okrętu, [m].

Wielkości  $G$  i  $R$  określa Zamawiający w wymaganiach taktyczno-technicznych.



Rys. 4.3.2.1 Odległość do określenia liczby udarowej

**4.3.2.2** Zalecane wartości minimalnej liczby udarowej dla wybranych klas i podklas okrętów, przy założeniu, że wybuch ładunku ma miejsce na dnie morza o głębokości 30 m w płaszczyźnie owręza pod kadłubem okrętu w płaszczyźnie symetrii podano w tabeli 4.3.2.2.

**Tabela 4.3.2.2**  
**Zalecane wartości minimalnej liczby udarowej**

Typ okrętu	Wyporność pełna $D$ [t]	Minimalna liczba udarowa $u$
Korweta	2000	0,32
Fregata	5000	0,34
Trałowiec	500	0,35
Niszczyciel min	600	0,36
Średni okręt desantowy	1500	0,25
Szybki okręt bojowy	500	0,30
Transportowiec	-	0,20



**4.3.2.3** Dla podwodnych pojazdów przeciwminowych oraz dla pływających trałów wymaga się, by liczba udarowa była zawarta w przedziale od 0,35 do 0,40.

**4.3.2.4** Jeżeli liczba udarowa jest większa niż 0,34 i długość okrętu  $L_0 \geq 70$  m, to powinny być wykonane obliczenia wytrzymałości ogólnej kadłuba, według wymagań podrozdziału 4.3.7.

### 4.3.3 Przybliżone określanie parametrów podwodnej fali uderzeniowej

**4.3.3.1** Parametry podwodnej fali uderzeniowej oblicza się dla kulistych ładunków trotylu. Ładunki skupione w postaci min, bomb głębinowych lub torped przyjmuje się jako kuliste, a ich promień należy obliczać wg wzoru:

$$r_o = 0,052\sqrt[3]{G}, \text{ m} \quad (4.3.3.1)$$

$G$  – masa skupionego ładunku trotylu (równoważnik trotylowy), [kg].

**4.3.3.2** Równoważnik trotylowy ładunku wybuchowego należy obliczać wg wzoru:

$$G = G_1 \frac{Q_1}{Q}, \text{ [kg]} \quad (4.3.3.2)$$

$G_1$  – masa ładunku wybuchowego, [kg];

$Q_1$  – energia właściwa wybuchu materiału wybuchowego, [kJ/kg];

$Q$  – energia właściwa wybuchu trotylu, o wartości 4187 kJ/kg;

**4.3.3.3** Parametry podwodnej fali uderzeniowej

Ciśnienie maksymalne podwodnej fali uderzeniowej dla ładunków z trotylu prasowanego należy obliczać wg wzoru:

$$p_m = A \left( \frac{\sqrt[3]{G}}{R} \right)^n, \text{ [MPa]} \quad (4.3.3.3)$$

$A, n$  – współczynniki o wartościach:

$A = 13,97; n = 1,95$  dla  $r_o < R \leq 5r_o$

$A = 52,3; n = 1,13$  dla  $5r_o < R \leq 1000r_o$

$A = 128; n = 1$  dla  $1000r_o < R$ ;

$r_o$  – promień kulistego ładunku wybuchowego wg 4.3.3.1, [m];

$R$  – odległość od środka ładunku, [m].

**4.3.3.4** Przebieg ciśnienia fali uderzeniowej w funkcji czasu przedstawia zależność:

$$p(t) = p_m \cdot \exp\left(-\frac{t}{\Theta}\right), \text{ [MPa]} \quad (4.3.3.4-1)$$

$p_m$  – ciśnienie maksymalne (wg 4.3.3.3), [MPa];

$t$  – czas, [s];

$\Theta$  – stała czasowa fali uderzeniowej

– przybliżoną wartość stałej czasowej zaleca się obliczać wg wzoru:

$$\Theta = 0,1\sqrt[4]{GR} \cdot 10^{-3}, \text{ [s]} \quad (4.3.3.4-2)$$

$G$  – masa skupionego ładunku trotylu (równoważnik trotylowy), [kg];

$R$  – odległość od środka ładunku, [m].



**4.3.3.5** Impuls ciśnienia fali uderzeniowej należy obliczać wg wzoru:

$$i = 5,768 \frac{G^{0,63}}{R^{0,89}} 10^{-3}, \text{ [MPa} \cdot \text{s]} \quad (4.3.3.5-1)$$

$G$  – masa skupionego ładunku trotylu (równoważnik trotylowy), [kg];

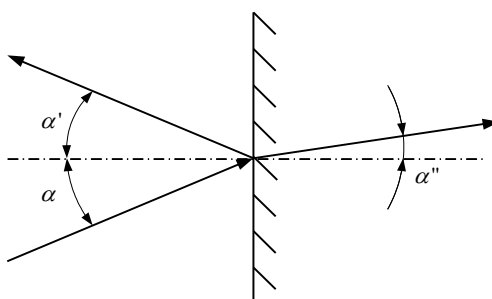
$R$  – odległość od środka ładunku, [m].

**4.3.4 Parametry podwodnej fali uderzeniowej na granicy ośrodków**

**4.3.4.1** W uproszczonych wytrzymałościowych obliczeniach inżynierskich przyjmuje się, że podwodna fala uderzeniowa pada prostopadle na nieruchomą przegrodę (poszycie kadłuba).

Na granicy dwóch ośrodków podwodna fala uderzeniowa, padająca pod kątem  $\alpha$ , ulega odbiciu pod kątem  $\alpha'$  i załamaniu pod kątem  $\alpha''$  (rys. 4.3.4.1). Stąd wyróżnia się:

- falę padającą,
- falę odbitą,
- falę załamaną (przenikającą).



Rys. 4.3.4.1

Odbicie i załamanie podwodnej fali uderzeniowej na granicy ośrodków

**4.3.4.2** Przebieg ciśnienia w fali uderzeniowej odbitej od nieruchomej przegrody określa równanie:

$$p_{11}(t) = k_{11}(\alpha) \cdot p(t), \text{ [MPa]} \quad (4.3.4.2)$$

$k_{11}(\alpha)$  – współczynnik odbicia fali uderzeniowej od przegrody zależny od kąta padania, określony wg 4.3.4.3;

$p(t)$  – przebieg ciśnienia w padającej fali uderzeniowej, określony wg 4.3.3.4, [MPa].

**4.3.4.3** Współczynnik odbicia podwodnej fali uderzeniowej od nieruchomej przegrody, przy kącie padania  $\alpha = 0$ , należy obliczać wg wzoru:

$$k_{11} = \frac{Z_2 - Z_1}{Z_2 + Z_1} \quad (4.3.4.3)$$

$Z_1$  – oporność akustyczna ośrodka 1 (woda), [kg/m<sup>2</sup>s] (patrz 4.3.4.4);

$Z_2$  – oporność akustyczna ośrodka 2 (przegroda), [kg/m<sup>2</sup>s].

Dla  $\alpha \neq 0$  sposób wyznaczenia wielkości  $k_{11}$  należy uzgodnić z PRS.

**4.3.4.4** Oporność akustyczną ośrodka należy obliczać wg wzoru:

$$Z = \rho \cdot C, \text{ [kg/m}^2\text{s]} \quad (4.3.4.4)$$

$\rho$  – gęstość ośrodka, [kg/m<sup>3</sup>];

$C$  – prędkość dźwięku w ośrodku, [m/s].

Współczynniki odbicia podwodnej fali uderzeniowej (przy kącie padania  $\alpha = 0$ ) oraz wartości gęstości wybranych materiałów podano w tabeli 4.3.4.4.

**Tabela 4.3.4.4**  
**Współczynnik odbicia  $k_{11}$**

Materiał ośrodka	Gęstość [kg/m <sup>3</sup> ]	Współczynnik odbicia $k_{11}$
Stal	7800	0,93
Stopy aluminium	2800	0,81

**4.3.4.5** Wpływ dna akwenu na parametry fali uderzeniowej, oddziałującej na poszycie kadłuba, należy uwzględnić, gdy ładunek skupiony wybucha nad dnem w odległości  $H_d$  spełniającej warunek:

$$0 \leq H_d \leq 9\sqrt[3]{G}, \text{ [m]} \quad (4.3.4.5-1)$$

$G$  – masa skupionego ładunku trotylu (równoważnik trotylowy), [kg].

Wpływ dna uwzględnia się przez pomnożenie przez współczynnik  $k_1$  (obliczany wg wzoru 4.3.4.5-2) wartości liczbowych poniższych wielkości:

- .1 ciśnienie maksymalne podwodnej fali uderzeniowej  $p_m$ , obliczone wg wzoru (4.3.3.3);
- .2 impuls ciśnienia podwodnej fali uderzeniowej  $i$ , obliczony wg 4.3.3.5.

Wartość liczbową współczynnika  $k_1$  należy obliczać wg wzoru:

$$k_1 = 1,4 - \frac{0,4}{9\sqrt[3]{G}} H_d \quad (4.3.4.5-2)$$

$H_d$  – odległość środka ładunku od dna morza, [m];

$G$  – masa skupionego ładunku trotylu (równoważnik trotylowy), [kg].

### 4.3.5 Obciążenie udarowe poszycia kadłuba

**4.3.5.1** Zjawiska obciążenia udarowego poszycia kadłuba zachodzą na granicy trzech ośrodków:

- ośrodek 1 – woda;
- ośrodek 2 – materiał przegrody/poszycia;
- ośrodek 3 – wewnątrz kadłuba (powietrze).

Wyznaczone ze wzorów (4.3.5.2) i (4.3.5.3) prędkości służą do szacowania ekstremalnych ugięć i naprężeń w poszyciu. Sposób obliczenia parametrów ruchu nie uwzględnia zjawiska kawitacji zachodzącego w warstwie granicznej woda – poszycie.

**4.3.5.2** Prędkość poszycia wskutek obciążenia udarowego opisuje zależność:

$$v(t) = \frac{(1+k_{11})i \cdot 10^6}{\rho_s(\beta-1)} \cdot \left( \exp\left(-\frac{t}{\theta}\right) - \exp\left(-\frac{\beta t}{\theta}\right) \right), \text{ [m/s]} \quad (4.3.5.2)$$

$t$  – czas, [s];

$k_{11}$  – współczynnik odbicia fali na granicy woda – poszycie, wg 4.3.4.3;

$i$  – impuls ciśnienia fali uderzeniowej, wg 4.3.3.5, [MPa s];

$\theta$  – stała czasowa fali uderzeniowej, wg wzoru (4.3.3.4-2), [s];

$\rho_s$  – gęstość powierzchniowa masy przegrody:

$$\rho_s = \rho d, \text{ [kg/m}^2\text{]}$$

$\rho$  – gęstość materiału przegrody, [kg/m<sup>3</sup>];

$d$  – grubość przegrody, [m];

$$\beta = \beta_1 + \beta_3,$$

$$\beta_1 = Z_1 \frac{\Theta}{\rho_s};$$

$Z_1$  – oporność akustyczna ośrodka 1 (woda), wg wzoru (4.3.4.4), [kg/m<sup>2</sup>s];

$$\beta_3 = Z_3 \frac{\Theta}{\rho_s};$$

$Z_3$  – oporność akustyczna ośrodka 3 (powietrze), wg wzoru (4.3.4.4), [kg/m<sup>2</sup>s];

**4.3.5.3** Maksymalną prędkość przegrody można obliczać wg wzoru:

$$v_m = \frac{(1 + k_{11})i \cdot 10^6}{\rho_s(\beta - 1)} \left( e^{\frac{1}{1-\beta}} - e^{\frac{\beta}{1-\beta}} \right) \leq \frac{i \cdot 10^6}{\rho_s}, \text{ [m/s]} \quad (4.3.5.3)$$

$k_{11}, i, \beta, \rho_s$  – jak we wzorze (4.3.5.2).

**4.3.5.4** Czas wystąpienia maksymalnej prędkości przegrody można obliczać wg wzoru:

$$t_m = \frac{\Theta \cdot \ln \beta}{\beta - 1}, \text{ [s]} \quad (4.3.5.4)$$

$\Theta, \beta$  – jak we wzorze (4.3.5.2).

**4.3.5.5** Maksymalne przyspieszenie poszycia obciążonego udarowo można obliczyć wg wzoru:

$$a_m = \frac{1 + k_{11}}{\rho_s} p_m \cdot 10^6, \text{ [m/s}^2\text{]} \quad (4.3.5.5)$$

$k_{11}, \rho_s$  – jak we wzorze (4.3.5.2);

$p_m$  – ciśnienie maksymalne (wg 4.3.3.3), [MPa].

**4.3.5.6** Średnie przyspieszenie poszycia obciążonego udarowo można obliczać wg wzoru:

$$a_{sr} = \frac{v_m}{t_m}, \text{ [m/s}^2\text{]} \quad (4.3.5.6)$$

$v_m$  – maksymalna prędkość przegrody, wg wzoru (4.3.5.3), [m/s<sup>2</sup>];

$t_m$  – czas wystąpienia maksymalnej prędkości przegrody, wg wzoru (4.3.5.4), [s].

### 4.3.6 Obliczenia MES

**4.3.6.1** W obliczeniach wymienionych w p. 4.3.6.3 i 4.3.6.4 należy zastosować sprężysto-plastyczny model materiału konstrukcji. Należy stosować analizę dynamiczną, przyjmując obciążenie w formie krótkotrwale działającego ciśnienia. Metodyka obliczeń określona w p. 4.3.6.3 uwzględnia zjawisko kawitacji towarzyszące szybkiemu ruchowi poszycia.

**4.3.6.2** Dokonując oceny odzewu konstrukcji, za dopuszczalne można uznać średnie wydłużenie powierzchni środkowej płyty pomiędzy usztywnieniami wynoszące nie więcej niż 10% wielkości wydłużenia względnego  $A_5$  zastosowanego materiału, mierzzonego w próbie zrywania.

Naprężenia w usztywnieniach powinny spełniać warunek:

$$\sigma \leq R_{e\,dyn} \quad (4.3.6.2)$$

$R_{e\,dyn}$  – granica plastyczności materiału pod działaniem udu, [MPa].

Granice plastyczności materiału pod działaniem udu zaleca się określić eksperymentalnie lub na podstawie literatury specjalistycznej i przedstawić do akceptacji przez PRS.

Naprężenia dopuszczalne normalne w wiązarach z uwzględnieniem naprężeń od zginania strefowego i zginania ogólnego kadłuba na wodzie spokojnej i fali są równe granicy plastyczności materiału  $R_e$ .

Wartość momentu zginającego na wodzie spokojnej należy określić wg B/15.4. Jako wartość momentu zginającego falowego należy przyjmować 59% wartości określonej wg B/15.5. W przypadku zakładanego ograniczonego rejonu żeglugi okrętu wartość momentu falowego można zmniejszyć wg wymagań B/15.2.2.

Dopuszczalna wartość naprężeń zredukowanych obliczonych z pominięciem naprężeń normalnych od zginania ogólnego kadłuba jest równa granicy plastyczności  $R_e$  materiału.

#### 4.3.6.3 Należy wykonać analizę odzewu konstrukcji na obciążenie udarowe w zakresie:

- 1 Określenie przemieszczeń i naprężeń dla konstrukcji kadłuba w obszarze jednego odstępu grodziowego pod obciążeniem ciśnieniem określonym wzorem (4.3.6.3-1).

$$p(x, y, z) = (1 + k_{11}) p_m e^{-\frac{t}{\Theta}} - \rho C_0 \frac{\partial w(x, y, t)}{\partial t} \cdot 10^{-6}, \text{ [MPa]} \quad (4.3.6.3-1)$$

$k_{11}$  – wg 4.3.4.3;

$p_m$  – wg 4.3.3.3;

$\Theta$  – wg 4.3.3.4;

$t$  – czas, [s];

$\rho = 1000$ , [kg/m<sup>3</sup>], gęstość wody;

$C_0 = 1450$ , [m/s], prędkość dźwięku w wodzie;

$w$  – ugięcie poszycia mierzone w kierunku przemieszczania się fali ciśnienia od wybuchu podwodnego, [m];

$(x, y)$  – płaszczyzna poszycia.

W trakcie obliczeń należy przyjmować  $p(x, y, z) = 0$  w tych punktach, gdzie ciśnienia obliczone wg wzoru (4.3.6.3-1) przybierają ujemne wartości.

Należy założyć nieprzesuwne podparcie poszycia, usztywnień i wiązarów na grodziach poprzecznych, burtach i pokładach.

Do wyznaczenia odkształceń konstrukcji zaleca się stosowanie równań ruchu w postaci:

$$M \ddot{X} + D \dot{X} + KX = Q \quad (4.3.6.3-2)$$

$M$  – macierz bezwładności;

$D$  – macierz tłumienia, powstająca wskutek istnienia członu zawierającego  $\frac{\partial w(x, y, t)}{\partial t}$  w równaniu (4.3.6.3-1);

$K$  – macierz sztywności;

$Q$  – macierz jednokolumnowa składników sił uogólnionych od członu  $(1 + k_{11}) p_m e^{-\frac{t}{\Theta}}$  równania (4.3.6.3-1);

- $\ddot{X}$  – macierz jednokolumnowa przyspieszeń uogólnionych;  
 $\dot{X}$  – macierz jednokolumnowa prędkości uogólnionych;  
 $X$  – macierz jednokolumnowa współrzędnych uogólnionych.

- .2 Określenie przemieszczeń i naprężeń grodzi ze wstępną krzywizną warstwy obojętnej zginania. Obliczenia i ich wyniki należy przedstawić do rozpatrzenia przez PRS.

#### 4.3.7 Wytrzymałość ogólna i drgania kadłuba

**4.3.7.1** Obliczenia wytrzymałości ogólnej kadłuba oraz analizę drgań giętych z uwzględnieniem obciążenia udarowego należy przeprowadzić dla okrętów wymienionych w p. 4.3.2.4. Udarowy moment gnący należy określić metodą elementów skończonych, stosując model kadłuba w postaci belki lub model trójwymiarowy MES i ciśnienie określone wzorem (4.3.3.4-1). W przypadku modelu trójwymiarowego zaleca się uwzględnić wpływ ugięcia poszycia i usztywnień na wielkość ciśnienia obciążającego kadłub – patrz wzór (4.3.6.3-1).

Obliczenia i ich wyniki należy przedstawić do rozpatrzenia przez PRS.

**4.3.7.2** Do oceny zdolności kadłuba do przeniesienia obciążeń udarowych, wywołanych niekontaktowym udarem podwodnym, zaleca się przyjmować kryterium wytrzymałości granicznej określone w p. 4.3.7.3.

**4.3.7.3** Wytrzymałość ogólna kadłuba powinna spełniać kryteria:

- .1 Dla kadłuba z nadbudówkami ze stopów aluminium, wliczonymi do wytrzymałości ogólnej kadłuba:

$$\frac{M_{gr}}{M_{obl}} \geq 1,35 \quad (4.3.7.3-1)$$

- .2 Dla kadłuba stalowego, którego nadbudówki nie są wliczane do wytrzymałości ogólnej kadłuba:

$$\frac{M_{gr}}{M_{obl}} \geq 1,15 \quad (4.3.7.3-2)$$

$M_{gr}$  – graniczny moment zginający dla kadłuba, obliczany wg Załącznika Z1;

$M_{obl}$  – obliczeniowy moment gnący:

$$M_{obl} = M_s + 0,8M_w + M_{ud} \quad (4.3.7.3-3)$$

$M_s$  – moment zginający na wodzie spokojnej, wg B/15.4, [kNm];

$M_w$  – moment zginający falowy, wg B/15.5, [kNm], uwzględniający wymagania B/15.2.2 w przypadku okrętów ograniczonego rejonu żeglugi;

$M_{ud}$  – udarowy moment gnący wywołany niekontaktowym wybuchem podwodnym, obliczony wg 4.3.7.1, [kNm].

**4.3.7.4** Obliczenie granicznego momentu zginającego należy wykonać:

- co najmniej dla jednego przekroju kadłuba w rejonie owręża, jeżeli obliczeniowy moment zginający osiąga maksymalną wartość na owrężu;
- co najmniej dla dwóch przekrojów, jeżeli obliczeniowy moment zginający osiąga maksymalną wartość poza rejonem owręża – w tym przypadku, oprócz obliczenia momentu zginającego dla rejonu owręża, należy przeprowadzić jego obliczanie w rejonie występowania maksymalnej wartości momentu obliczeniowego.

**4.3.7.5** Obliczenia i ich wyniki należy przedstawić do rozpatrzenia przez PRS.

### 4.3.8 Drgania kadłuba okrętu powstające w wyniku pulsacji pęcherza gazowego

**4.3.8.1** Przebieg w czasie pulsacji pęcherza gazowego przy wybuchu podwodnym (patrz p. 4.3.1.1) należy przyjąć stosownie do wielkości ładunku wybuchowego i jego usytuowania względem okrętu, na podstawie danych literaturowych, dostępnych wyników badań eksperymentalnych lub wiarygodnych oszacowań w formie zaawansowanych analiz teoretycznych zjawiska wybuchu podwodnego.

W przypadku braku dokładniejszych informacji czas  $T$  trwania pierwszego impulsu pęcherza gazowego (patrz rys. 4.3.1.1) można szacować na podstawie wzoru:

$$T = 2,108 \frac{G^{1/3}}{(K + 10)^{5/6}}, [s] \quad (4.3.8.1)$$

gdzie:

$G$  – masa równoważnika trotylowego skupionego ładunku wybuchowego, [kg];

$K$  – głębokość zanurzenia ładunku w czasie detonacji, [m].

**4.3.8.2** Analiza drgań wymuszonych kadłuba okrętu wskutek ciśnień określonych w p. 4.3.8.1 generalnie jest wymagana, gdy liczba uderowa jest większa niż 0,34 (patrz p. 4.3.2.1), o ile PRS, w uzgodnieniu z Zamawiającym, nie odstąpi od tego wymagania.

**4.3.8.3** Do analizy odkształceń i naprężeń w warunkach drgań wymuszonych (określanych z ang. jako ‘whipping’) kadłuba okrętu należy zastosować model MES całego kadłuba okrętu z nadbudówkami/pokładówkami, uwzględniający wartości mas i rozmieszczenie elementów konstrukcji kadłuba, wyposażenia okrętu, zapasów, itp. Model MES powinien spełniać wymagania p. 4.3.8.4 lub 4.3.8.5.

**4.3.8.4** PRS, po specjalnym rozpatrzeniu cech okrętu i założeń taktyczno-technicznych, może zaakceptować analizę z zastosowaniem belkowego modelu MES całego kadłuba. Równania drgań (układ równań różniczkowych zwyczajnych typu jak równania 4.3.6.3-2) powinny uwzględniać odkształcenia kadłuba od ścinania oraz oddziaływanie wody w formie mas wody towarzyszącej, wyznaczanych na podstawie założenia, że woda jest nieściśliwą cieczą idealną. Macierz jednokolumnowa  $Q$  (patrz równanie 4.3.6.3-2) zawiera siły uogólnione odpowiadające ciśnieniom od pulsacji pęcherza gazowego.

Równania drgań należy całkować bezpośrednio, z odpowiednio małą wartością kroku czasowego, w przedziale czasu nie krótszym niż dziesięciokrotna wartość  $T$  (patrz równanie 4.3.8.1), przy tym nie krótszym niż dziesięciokrotna wartość okresu podstawowych drgań ogólnych belki kadłuba, obliczanych z zastosowaniem określonego wyżej modelu MES.

**4.3.8.5** W analizie określonej w p. 4.3.8.4 zalecane jest zastosowanie, w miejsce belkowego modelu MES konstrukcji kadłuba, modelu MES całego kadłuba wraz z nadbudówkami i pokładówkami, utworzonego z powłokowych elementów skończonych, stosowanych do modelowania blach poszycia i środników wiązarów oraz belkowych elementów skończonych do modelowania usztywnień poszycia i mocników wiązarów, spełniając wymagania analogiczne do określonych w p. 4.5.2.1. Pozostałe wymagania są identyczne do określonych w p. 4.3.8.4.

**4.3.8.6** Obliczenia i ich wyniki należy przedstawić do rozpatrzenia przez PRS.

## 4.4 Wybuch wewnątrz okrętu

**4.4.1** Podstawowe znaczenie dla ograniczenia strefy zniszczeń w wyniku wybuchu wewnątrz okrętu ma wytrzymałość i konstrukcja grodzi dzielących okręt na przedziały oraz przejść grodziowych i kanałów oraz rurociągów przechodzących przez grodzie. Długość przedziałów należy określić, biorąc pod uwagę wielkość ładunku wybuchowego, eksplodującego wewnątrz kadłuba, podaną w założeniach techniczno-taktycznych.



#### 4.4.2 Grubość poszyc grodzi powinna być nie mniejsza niż 4 mm.

W przypadku grodzi wykonanych ze stali o podwyższonej wytrzymałości zaleca się zastosować stal kategorii D lub E.

Tam, gdzie jest to możliwe i praktycznie uzasadnione, zaleca się stosować grodzie podwójne w połączeniu z podwójnymi burtami, wytrzymujące ciśnienie statyczne 600 kPa.

4.4.3 Ze względu na to, że w czasie wybuchu w pierwszej kolejności pękają połączenia spawane grodzi z sąsiadującą konstrukcją, należy dążyć do zwiększenia odporności udarowej spoin przez zastosowanie połączenia spawanego o pełnym przetopie i/lub stosowanie elektrod austenitycznych do wykonania spoin pachwinowych.

4.4.4 Przejścia rurociągów przez grodzie powinny być wyposażone w elementy kompensacyjne umieszczone po obu stronach grodzi.

Przejścia rurociągów powinny znajdować się blisko krawędzi grodzi, w miejscu, gdzie względne ruchy poszycia grodzi są najmniejsze.

4.4.5 Należy ograniczyć do minimum liczbę elementów wyposażenia montowanych na grodzi.

4.4.6 Rurociągi oraz dopuszczone przez PRS kanały, szyby i inne przejścia przez grodzie powinny być wyposażone w klapy, zawory itp. urządzenia zapobiegające przenikaniu fali uderzeniowej od wybuchu do sąsiednich i dalszych przedziałów.

### 4.5 Wytrzymałość konstrukcji kadłuba podlegających oddziaływaniu elementów wyposażenia w warunkach udarów

#### 4.5.1 Zasady ogólne

4.5.1.1 Wymagania p. 4.5 dotyczą metody obliczania odkształceń i naprężeń w konstrukcji kadłuba, wskutek oddziaływania elementów wyposażenia okrętu posadowionych na pokładach, burtach, grodziach lub przegrodach, w warunkach obciążeń udarowych od wybuchu powietrznego, podwodnego lub wewnątrz okrętu.

W obliczeniach należy uwzględnić sposób posadowienia elementów wyposażenia (sztywne połączenie z konstrukcją kadłuba lub posadowienie na amortyzatorach), który istotnie wpływa na naprężenia w konstrukcji oraz przyspieszenia, jakim podlegają elementy wyposażenia.

Odkształcalność konstrukcji kadłuba (np. ugięcie pokładu w warunkach obciążenia udarowego) może mieć istotny wpływ na przebieg w czasie przyspieszenia elementu wyposażenia i związane z tym siły oddziaływania na konstrukcję kadłuba oraz poziom wywoływanych w niej naprężeń.

4.5.1.2 Określone w p. 4.5.2 obliczenia odzewu kadłuba na obciążenia udarowe, z uwzględnieniem oddziaływania na konstrukcję elementów wyposażenia okrętu, są wykonywane w celu sprawdzenia, czy konstrukcja kadłuba spełnia określone w niniejszych przepisach kryteria wytrzymałości w warunkach obciążeń udarowych przyjętych w założeniach taktyczno-technicznych (ZTT).

Dodatkowo należy wykonać określone w p. 4.5.3 obliczenia, gdzie wymusza się wartości przyspieszeń na brzegu fragmentu konstrukcji kadłuba, na którym posadowiony jest element wyposażenia (pokład, gródź, itp.), w celu sprawdzenia, czy konstrukcja kadłuba i element wyposażenia spełnia wymagania Normy Obronnej NO-20-A500-5.

4.5.1.3 Jeżeli konstrukcja kadłuba spełnia kryteria wytrzymałości w warunkach określonych w p. 4.5.2, a nie spełnia tych kryteriów wg obliczeń wymaganych w p. 4.5.3, to Zamawiający może podjąć decyzję o zastosowaniu odstępstwa od wymagań Normy Obronnej NO-20-A500-5.



## 4.5.2 Wymagania dla obliczeń MES stosowanych w analizie odzewu konstrukcji kadłuba na obciążenia udarowe

### 4.5.2.1 Model MES

W modelach MES stosowanych do analizy odzewu konstrukcji na wybuch powietrzny (p. 4.2.6), wybuch podwodny (p. 4.3.6) lub analizy drgań typu 'whipping' (p. 4.3.8) należy prawidłowo odwzorować odkształcalność i masę konstrukcji kadłuba w rejonie posadowienia elementu wyposażenia okrętu, ciężar i bezwładność tego elementu oraz sposób jego posadowienia na konstrukcji kadłuba (posadowienie sztywne lub amortyzowane).

Oznacza to, że w modelu MES określonego wyżej rejonu konstrukcji należy zastosować płytowe elementy skończone do odwzorowania blach poszyc i ścianek wiązarów oraz uwzględnić usztywnienia poszyc, które można modelować belkowymi elementami skończonymi, w których oś obojętna usztywnienia jest odsunięta od płaszczyzny poszycia.

Długość boku elementu płytowego może być równa odstępowi usztywnień poszycia, a na wysokości środka wiązara należy zastosować przynajmniej 3 rzędy elementów skończonych płytowych.

Model MES konstrukcji kadłuba może być uzupełniony modelem MES korpusu i istotnych części konstrukcji elementu wyposażenia okrętu. Można wprost odwzorować kształt i rozłożenie w przestrzeni masy tego elementu oraz miejsca jego połączenia z konstrukcją kadłuba okrętu lub fundamentu (usytuowanie łap fundamentowych, śrub mocujących element wyposażenia, itp.). Jeżeli są stosowane amortyzatory, to ich odkształcalność powinna być odwzorowana w modelu MES poprzez np. elementy prętowe lub belkowe.

Alternatywnie, elementy wyposażenia okrętu złożone z fragmentów, które można określić jako sztywne, mogą uzupełniać model MES konstrukcji kadłuba w formie tzw. punktów masowych usytuowanych w środkach ciężkości poszczególnych elementów wyposażenia, o masie i momentach bezwładności względem osi prostokątnego układu współrzędnych zaczepionego w środku masy, równych wartościom, które ma cały element wyposażenia. Punkt masowy powinien być połączony z miejscami kontaktu (oparcia) elementu wyposażenia z konstrukcją kadłuba za pomocą tzw. sztywnych elementów skończonych (np. typu RBE).

### 4.5.2.2 Rozwiązywanie równań ruchu i kryteria wytrzymałościowe

Analiza wytrzymałości konstrukcji i przyspieszeń jakim podlega element wyposażenia okrętowego w warunkach wybuchu powietrznego (p. 4.2.6), wybuchu podwodnego (p. 4.3.6) lub drgań typu 'whipping' (p. 4.3.8) polega na bezpośrednim całkowaniu równań ruchu typu, jak w równaniu 4.3.6.3-2, odpowiednio dobraną metodą i z odpowiednio małą wartością kroku czasowego.

Wyznaczone w ten sposób ekstremalne wartości odkształceń i naprężeń w konstrukcji kadłuba okrętu podlegają ocenie wg kryteriów określonych odpowiednio w p. 4.2.6.3, 4.3.6.2, 4.3.7.3 lub 4.3.8 – w zależności od rozpatrywanego typu obciążenia udarowego konstrukcji.

Wynikające z rozwiązania układu równań modelu MES wartości przyspieszeń elementów wyposażenia okrętowego (w funkcji czasu) podlegają ocenie zgodności z ZTT.

## 4.5.3 Wymagania dla obliczeń MES uwzględniających obciążenia udarowe wg Normy Obronnej NO-20-A500-5

W obliczeniach należy stosować model MES obejmujący fragment konstrukcji kadłuba, który może ugiąć się względem brzegu traktowanego jako sztywne. W przypadku np. pokładu taki fragment konstrukcji oznacza rejon pokładu, który w kierunku wzdłużnym zawiera się pomiędzy sąsiednimi grodziami poprzecznymi lub przegrodami, a w kierunku poprzecznym – pomiędzy burtą a najbliższą grodzią lub przegrodą wzdłużną, itp. W przypadku elementu wyposażenia okrętu posadowionego np. na grodzi model MES powinien obejmować fragment grodzi pomiędzy sąsiednimi pokładami oraz pomiędzy burtą a najbliższą grodzią lub przegrodą wzdłużną (lub drugą burtą).

Model MES konstrukcji fragmentu kadłuba (sztywno podpartego na brzegu określonym wyżej) i elementu wyposażenia okrętu powinien spełniać wymagania sformułowane w p. 4.5.2.1.

Obliczenia polegają na wymuszeniu wartości (w funkcji czasu) przyspieszenia pionowego, poprzecznego lub wzdłużnego punktów modelu MES leżących na całym sztywnym brzegu, o przebiegu w funkcji czasu wymaganym w Normie Obronnej NO-20-A500-5.

Rozwiązanie modelu MES wg wymagań p. 4.5.2.2 pozwala wyznaczyć przyspieszenia jakim podlega element wyposażenia konstrukcji kadłuba oraz odkształcenia i naprężenia w uwzględnianym w modelu MES fragmencie konstrukcji kadłuba.

Odkształcalność konstrukcji kadłuba sprawia, że przyspieszenia elementów konstrukcji wyposażenia okrętu, obliczane jak określono wyżej, różnią się na ogół istotnie od standardowych przyspieszeń wymaganych w Normie Obronnej NO-20-A500-5. Ich wartości ekstremalne oraz przebieg w funkcji czasu podlegają ocenie wg kryteriów określonych w powyższej normie.

#### **4.6 Ochrona przeciwołamkowa i przed pociskami małego kalibru**

**4.6.1** Zamawiający każdorazowo określa pomieszczenia oraz lokalizację i rodzaj rurociągów i kabli okrętowych wymagających ochrony przeciwołamkowej i przed pociskami małego kalibru.

Zaleca się, aby lista chronionych pomieszczeń obejmowała szczególnie ważne dla życia okrętu pomieszczenia, wyposażenie i rejony, w tym co najmniej: GSD, BCI, centra łączności, dowodzenia i kierowania okrętem, a także komory, magazyny i parki amunicyjne oraz ważne dla żywotności okrętu urządzenia i instalacje. Istotne jest stosowanie na konstrukcje i przegrody materiałów niestwających zagrożenia poprzez wtórną fragmentację po uderzeniu pocisku.

**4.6.2** Wyżej wymienione pomieszczenia należy umieszczać wewnątrz okrętu, tak by były chronione przez poszycie zewnętrzne kadłuba i gródź wzdłużną lub stosowne osłony przeciwbalistyczne wewnątrz okrętu. Zaleca się usytuowanie grodzi wzdłużnej/osłony o ile jest to możliwe co najmniej 1 m od poszycia zewnętrznego.

Grubość poszycia grodzi wzdłużnej i/lub zastosowanie pancerza albo specjalnych materiałów osłonowych/balistycznych (np. kevlaru) należy ustalić zgodnie z wymaganiami taktyczno-technicznymi oraz zasadami doboru osłon przeciwbalistycznych.

#### **4.7 Elastyczne posadowienie wyposażenia okrętu**

**4.7.1** Elastyczne posadowienie elementów wyposażenia okrętu na pokładach, platformach, przegrodach, itp. może zabezpieczyć konstrukcję kadłuba przed uszkodzeniami w warunkach oddziaływania na okręt obciążeń od wybuchów.

Celowe może być także elastyczne posadowienie pokładówek okrętu.

**4.7.2** Przy doborze parametrów elastycznego posadowienia zazwyczaj zakłada się przebieg w czasie przyspieszenia pokładu, grodzi, itp. w punktach, gdzie mocowane są elementy elastyczne.

Przyspieszenia te określa Zamawiający.

**4.7.3** Obciążenie przekazywane na konstrukcję kadłuba okrętu przez elementy elastycznego posadowienia wyposażenia okrętu należy wyznaczać na podstawie bezpośrednich obliczeń dynamiki przy zadanym przebiegu w funkcji czasu punktów podparcia elementów elastycznych.

Raport z obliczeń należy przedstawić PRS do akceptacji.

## 5 OBCIĄŻENIA OD WYPOSAŻENIA SPECJALNEGO I UZBROJENIA ORAZ ODZEW KONSTRUKCJI

### 5.1 Wymagania ogólne

W niniejszym rozdziale podano wymagania dotyczące obciążenia konstrukcji kadłuba od uzbrojenia podczas strzelania z armat lub od startujących pocisków raketowych oraz wymagania dotyczące obciążeń związanych z zaopatrzeniem okrętów na morzu (RAS).

### 5.2 Obciążenia od odrzutu armat

**5.2.1** Siła odrzutu w funkcji czasu powinna być określona na podstawie dokumentacji technicznej dostarczonej przez producenta.

**5.2.2** Odzew konstrukcji na obciążenia wg 5.2.1 (ugięcia i naprężenia) należy określać wg 5.5, w zależności od relacji pomiędzy czasem działania siły odrzutu a podstawowym okresem drgań własnych konstrukcji podpierającej.

We wstępnych obliczeniach maksymalne odkształcenia i naprężenia w konstrukcji kadłuba można wyznaczać jako odzew na obciążenie statyczne stanowiące 160% maksymalnej wartości siły odrzutu.

Jeżeli armaty są ustawione bezpośrednio nad grodziami lub przegrodami kadłuba okrętu, to współczynnik zwiększenia obciążenia można zmniejszyć ze 160% do 120%.

**5.2.3** Analizę odzewu konstrukcji na obciążenie od odrzutu należy wykonać dla wielu realnych kątów ustawienia lufy w chwili strzału, względem płaszczyzny symetrii (PS) i płaszczyzny podstawowej okrętu (PP).

Zawsze należy uwzględnić kąty o wartościach  $0^\circ$ ,  $\pm 45^\circ$ ,  $\pm 90^\circ$ ,  $\pm 135^\circ$  i  $180^\circ$  względem PS, minimalny i maksymalny kąt osi lufy względem płaszczyzny podstawowej oraz kąt równy średniej arytmetycznej powyższych dwóch wartości.

### 5.3 Obciążenia od fali uderzeniowej od wystrzału

**5.3.1** Przy strzelaniu generowany jest krótkotrwały podmuch w formie ciśnienia obciążającego konstrukcję kadłuba (pokład) w pobliżu wylotu lufy. Wartości tego ciśnienia w funkcji odległości od wylotu lufy i kąta pomiędzy linią osi lufy i promieniem łączącym koniec lufy z punktem, gdzie określamy ciśnienie (patrz rys. 5.3.3) oraz wartości ciśnienia w funkcji czasu są zazwyczaj podane w dokumentacji technicznej uzbrojenia, dostarczanej przez wytwórcę.

Obliczenia wytrzymałościowe konstrukcji poddanej działaniu powyższego ciśnienia polegają na zastosowaniu statycznie działającego ciśnienia zastępczego, o wartościach obliczanych wg 5.5.

**5.3.2** W przypadku armat szybkostrzelnych (30 pocisków na minutę i więcej) istnieje niebezpieczeństwo wygenerowania nadmiernych drgań konstrukcji kadłuba.

Sytuacje takie podlegają każdorazowo odrębnemu rozpatrzeniu przez PRS.

**5.3.3** W przypadku gdy parametry ciśnienia określone w 5.3.1 nie są znane, statycznie działające ciśnienie zastępcze  $p_z$  można obliczyć wg wzoru:

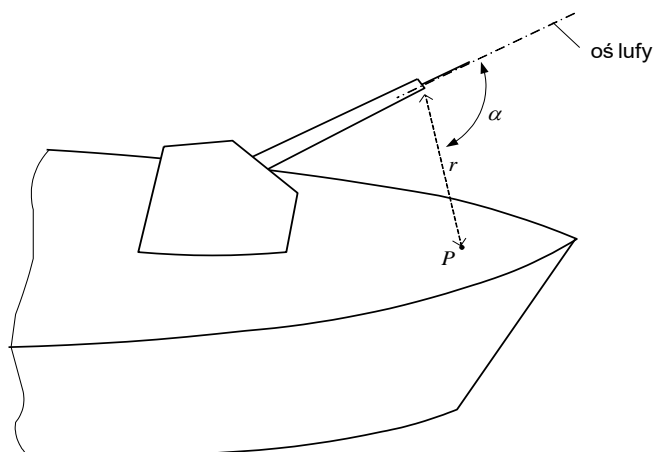
$$p_z = 2(1 + \cos \alpha) \left( \frac{K_d}{r} \right)^{3/2} \cdot 10^3, \text{ [kPa]} \quad (5.3.3)$$

gdzie:

$\alpha$  – kąt między linią osi lufy armaty a punktem  $P$ , dla którego obliczane jest ciśnienie (rys. 5.3.3);

$K_d$  – kaliber działa, [mm]; powyższy wzór jest ważny dla  $80 \text{ mm} \leq K_d \leq 120 \text{ mm}$ ;

$r$  – odległość punktu  $P$  od końca lufy, [mm] (rys. 5.3.3).

Rys. 5.3.3 Parametry do obliczania ciśnienia  $p_z$ 

## 5.4 Obciążenia od silników raketowych

**5.4.1** Statycznie działające ciśnienie obciążające konstrukcję kadłuba (np. pokład) od strumienia spalin silnika raketowego pocisku można obliczać wg wzoru:

$$p_z = f_d \frac{F}{A} \frac{\sin \alpha}{\sin \alpha + \operatorname{tg} \beta \cdot \cos \alpha}, \text{ [kPa]} \quad (5.4.1)$$

gdzie:

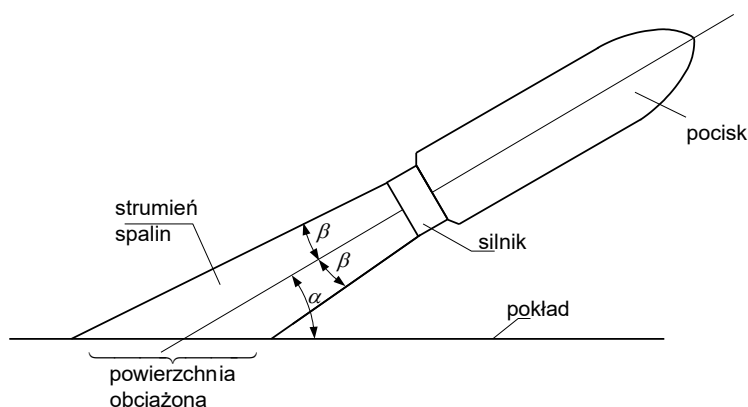
$f_d$  – współczynnik przeciążenia uwzględniający zmienność ciśnienia w funkcji czasu; można przyjmować  $f_d = 1,5$ ;

$F$  – siła ciągu silnika, [kN];

$\alpha$  – kąt pomiędzy osią silnika a powierzchnią konstrukcji (rys. 5.4.1); wzór jest ważny dla  $25^\circ < \alpha < 90^\circ$ ;

$\beta$  – kąt odchylenia strumienia spalin (rys. 5.4.1); można przyjmować  $\beta = 3^\circ$ ;

$A$  – pole powierzchni obciążonej strumieniem gazów, [m<sup>2</sup>] (rys. 5.4.1).



Rys. 5.4.1 Obciążenie od silnika raketowego

**5.4.2** Pokład w rejonie oddziaływania strumienia gazów należy zabezpieczyć przed wysoką temperaturą spalin i uderzeniem zawartych w nich stałych cząstek od elementów pocisków raketowych – np. poprzez pokrycie odpowiednią powłoką lub wykładziną oraz zastosowanie kierownic strumienia gazów i krat (siatek) zabezpieczających.

## 5.5 Obliczenia MES, zastępcze obciążenia statyczne i naprężenia dopuszczalne

### 5.5.1 Zasady ogólne

**5.5.1.1** W podrozdziale 5.5 podano zasady obliczania maksymalnych odkształceń i naprężeń w elementach konstrukcji kadłuba okrętu poddanych krótkotrwałym, zmiennym w czasie obciążeniom zdefiniowanym w 5.2, 5.3 i 5.4.

**5.5.1.2** Zalecane jest wykonanie obliczeń MES odzewu konstrukcji na obciążenia wymienione w 5.5.1.1, wg zasad określanych w 5.5.2.

Oszacowania odzewu konstrukcji na powyższe obciążenia mogą być wykonywane wg 5.5.3.

### 5.5.2 Obliczenia MES

**5.5.2.1** Obliczenia MES są zalecane w sytuacjach, gdy elementy konstrukcji kadłuba poddane obciążeniom wg 5.5.1.1 nie mogą być wystarczająco dokładnie zamodelowane w formie prostych modeli płyt lub usztywnień, dla których częstości drgań własnych mogą być obliczone wg wzorów podanych w 5.5.4.

**5.5.2.2** Stosując model MES fragmentu konstrukcji kadłuba okrętu formułowane są równania ruchu układu o skończonej liczbie swobody. Układ równań różniczkowych zwyczajnych zawierający współczynniki o wartościach zależnych od czasu (siły uogólnione zależne od obciążeń konstrukcji) jest całkowany numerycznie w dziedzinie czasu.

W wyniku takich obliczeń wyznaczane są przybliżone wartości odkształceń i naprężeń w konstrukcji, w funkcji czasu. Maksymalne wartości naprężeń nie powinny przekroczyć wartości dopuszczalnych podanych w 5.5.5.

### 5.5.3 Zastępcze ciśnienia statyczne

**5.5.3.1** W przypadku gdy model obliczeniowy może być sprowadzony do prostej płyty (fragment poszycia) lub belki (usztywnienie poszycia wraz z pasem współpracującym poszycia), celowe jest zastosowanie koncepcji zastępczego obciążenia statycznego, które wywołuje wartości odkształceń i naprężeń w konstrukcji w przybliżeniu równe maksymalnym wartościom tych parametrów, zmieniających się w funkcji czasu wskutek działających nań zmiennych obciążeń.

Zastępcze ciśnienie statyczne  $P_{st}$  obliczone jest ze wzoru:

$$P_{st} = f_d \cdot P_m \quad (5.5.3.1)$$

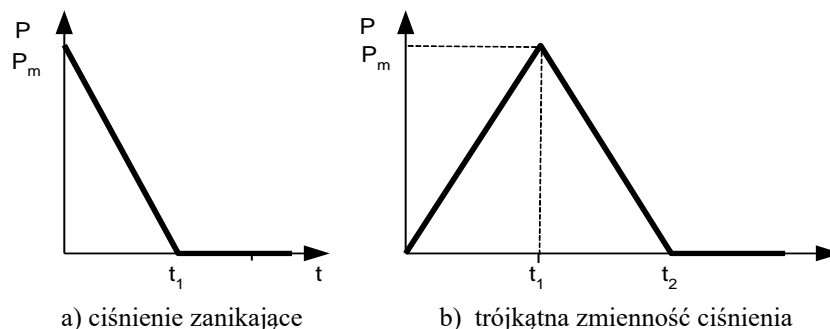
gdzie:

$f_d$  – współczynnik liczbowy,

$P_m$  – maksymalna wartość ciśnienia zmieniającego się w funkcji czasu.

**5.5.3.2** Wartości  $f_d$  dla przebiegów ciśnień w funkcji czasu pokazanych na rys. 5.5.3.2, które mogą stanowić przybliżenie obciążeń rzeczywistych, podano w tabeli 5.5.3.2.

$T$  oznacza okres podstawowych drgań własnych płyty lub belki, obliczany wg 5.5.4.



Rys. 5.5.3.2 Uproszczone przebiegi ciśnienia w funkcji czasu

**Tabela 5.5.3.2**  
**Wartości  $f_d$**

$\frac{t_1}{T}$	Ciśnienie zanikające	Trójkątna zmienność ciśnienia
0,1	0,30	0,31
0,2	0,60	0,61
0,3	0,85	0,88
0,4	1,05	1,10
0,5	1,20	1,27
0,6	1,30	1,39
0,7	1,40	1,47
0,8	1,48	1,50
0,9	1,53	1,51
1,0	1,60	1,51
1,2	1,66	1,44
1,4	1,72	1,34
1,6	1,73	1,23
1,8	1,75	1,10
2,0	1,75	1,00
2,2	1,76	0,95
2,4	1,78	1,02
2,6	1,79	1,09
2,8	1,80	1,13
3,0	1,80	1,16
3,2	1,81	1,17
3,4	1,82	1,13
3,6	1,83	1,08
3,8	1,83	1,06
4,0	1,83	1,00
4,2	1,83	0,98
4,4	1,84	1,01
4,6	1,85	1,05
4,8	1,85	1,08
5,0	1,85	1,09
5,5	1,87	1,06
6,0	1,87	1,00

**Uwaga:** Wartości  $f_d$  dla innych wartości  $t_1/T$  należy wyznaczać metodą interpolacji liniowej.

#### 5.5.4 Okresy podstawowych drgań własnych

**5.5.4.1** Okres podstawowych drgań własnych płyty prostokątnej wykonanej ze stali lub stopu aluminium utwierdzonej na całym obwodzie, stykającej się z powietrzem, można obliczać wg wzoru:

$$T = 0,19 \frac{sl}{t_p} \cdot \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{l}{s}\right)^2 + \left(\frac{s}{l}\right)^2 + 0,605}}, \text{ [s]} \quad (5.5.4.1)$$

gdzie:

$s$  – długość krótszego boku płyty, [m];

$l$  – długość dłuższego boku płyty, [m];

$t_p$  – grubość płyty, [mm].

**5.5.4.2** Okres podstawowych drgań własnych usztywnienia wraz z pasem współpracującym poszycia belki należy obliczać wg wzoru:

$$T = C \cdot l^2 \sqrt{\frac{m}{EI} \left( 1 + \frac{EI}{1014 \cdot l^2 G A} \right)}, \text{ [s]} \quad (5.5.4.2)$$

gdzie:

$l$  – długość belki, [m];

$m$  – masa belki na jednostkę długości, [kg/m];

$I$  – moment bezwładności przekroju poprzecznego, [cm<sup>4</sup>];

$A$  – pole przekroju na ścinanie (pole środka), [cm<sup>2</sup>];

$G$  – moduł postaciowy (dla stali  $G = E/2,6$ );

$E$  – moduł Younga, [MPa];

$C$  – współczynnik o wartościach zależnych od sposobu zamocowania końców belki:

$C = 6,37$  – gdy końce belki są podparte przegubowo,

$C = 2,81$  – gdy końce belki są utwierdzone,

$C = 4,08$  – gdy jeden koniec jest utwierdzony, a drugi podparty przegubowo.

## 5.5.5 Naprężenia dopuszczalne

**5.5.5.1** Przy obliczeniach wymaganej grubości płyt poszycia obciążonych ciśnieniem wg 5.5.3.1, wykonywanych wg wzoru B/13.4.2.1-1, należy przyjmować  $\sigma = 160k$ , MPa.

Obliczenia płyt MES wg 5.5.2 można wykonywać w zakresie liniowo-sprężystym, przyjmując dopuszczalną wartość naprężeń normalnych  $\sigma = 300k$ , MPa.

**5.5.5.2** W obliczeniach usztywnień i wiązarów należy stosować następujące wartości naprężeń dopuszczalnych:

– naprężenia normalne:  $\sigma = 180k$ , [MPa];

– średnie naprężenia styczne w środku:  $\tau = 110k$ , [MPa];

– naprężenia zredukowane:  $\sigma_{zr} = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} = 200k$ , [MPa].

## 5.6 Obciążenia związane z zaopatrzeniem okrętów na morzu (RAS)

### 5.6.1 Zastosowanie

Systemy RAS mogą spełniać następujące funkcje:

- transport ludzi z okrętu na okręt;
- transport zapasów (zazwyczaj na paletach; całkowita masa takiego ładunku przeważnie nie przekracza 2 ton);
- przepompowywanie cieczy z okrętu na okręt (paliwo, oleje smarne, woda słodka).

### 5.6.2 Budowa systemów RAS

**5.6.2.1** Systemy do zastosowań „a” i „b” wymienionych w p. 5.6.1 mają formę lin łączących oba okręty, na których podwieszony jest transportowany ładunek lub elastyczny wąż do tłoczenia cieczy. Liny są zamocowane do masztów lub zaczepów.



**5.6.2.2** System do zastosowania „c” (patrz p. 5.6.1) może mieć formę elastycznego rurociągu pływającego na powierzchni wody, łączącego rufę okrętu przekazującego zapasy płynne z dziobem okrętu zaopatrywanego.

**5.6.2.3** Operacje RAS wspomniane wyżej należy prowadzić zgodnie z polskimi dokumentami standardyzacyjnymi (NO) i NATO (STANAGs AND ALLIED PUBLICATIONs) (patrz *Część III – Wyposażenie kadłubowe*, p. 16.2.1.2).

### **5.6.3 Obciążenia związane z operacjami RAS**

**5.6.3.1** Maksymalną wartość masy porcji ładunku lub wydajność pompowanej cieczy, przekazywanych z okrętu na okręt, warunki falowania morza dopuszczalne do prowadzenia operacji RAS, prędkości okrętów i odległości między nimi, określa Zamawiający.

**5.6.3.2** Sposób określania obciążeń kadłuba okrętu od zamocowań, elementów systemu RAS, z uwzględnieniem ograniczeń wymienionych w p. 5.6.3.1, będzie rozpatrywany przez PRS odrębnie.

**5.6.3.3** W projekcie kadłuba okrętu należy uwzględnić ciśnienia w zbiornikach pojawiające się w czasie trwania operacji RAS.

Zalecane jest zainstalowanie systemu kontrolno-sterującego do monitorowania wielkości ciśnień w napełnianych zbiornikach i ograniczenia wartości ekstremalnych ciśnień do wielkości założonych w projekcie okrętu.

Powyższe zagadnienia podlegają odrębnemu rozpatrzeniu przez PRS.

---

## 6 WYTRZYMAŁOŚĆ KADŁUBA USZKODZONEGO

### 6.1 Zasady ogólne

**6.1.1** Wymagania niniejszego rozdziału dotyczą wytrzymałości ogólnej uszkodzonego kadłuba okrętu, w warunkach zginania ogólnego.

Uzupełniają one wymagania rozdziału B/15 dotyczące wytrzymałości ogólnej kadłuba nieuszkodzonego.

Spełnienie zawartych w niniejszym rozdziale wymagań potwierdzone jest umieszczeniem znaku RD.

**6.1.2** Umowne uszkodzenie kadłuba okrętu przyjmowane wg 6.2 do obliczeń wg 6.3 może być skutkiem:

- wybuchu pocisku wewnątrz okrętu;
- wybuchu podwodnego;
- kontaktu dna okrętu z dnem akwenu;
- kolizji z obiektem pływającym.

Umowne uszkodzenia od innych zagrożeń bojowych mogą być przedmiotem oceny i analizy PRS po zdefiniowaniu zakresu, obszaru i charakteru uszkodzeń bojowych zdefiniowanych w analizie ryzyka.

**6.1.3** Zastosowane w analizie wytrzymałości kadłuba uszkodzonego wielkości uszkodzeń, obciążeń i kryteria powinny być zapisane w *Informacji o kontroli obciążenia okrętu*.

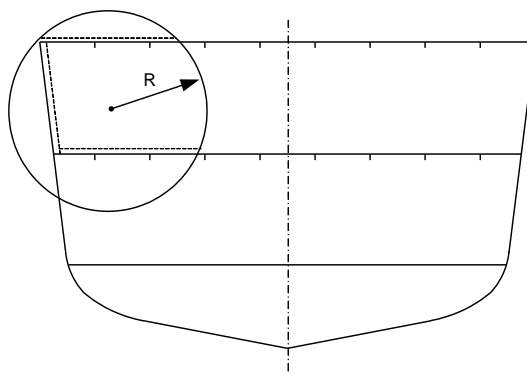
**6.1.4** Zamawiający okręt może zdecydować, że kadłub nie musi spełniać kryteriów wytrzymałości w stanach uszkodzonych, określonych w podrozdziale 6.3.

### 6.2 Rozmiary uszkodzeń konstrukcji

#### 6.2.1 Uszkodzenia kadłuba od wybuchu pocisku wewnątrz okrętu

W obliczeniach należy przyjąć założenie, że wskutek wybuchu pocisku następuje kompletne zniszczenie elementów konstrukcji kadłuba (poszycie, usztywnienia, wiązary) w wybranym przekroju poprzecznym znajdującym się wewnątrz koła o promieniu  $R$  (rys. 6.2.1).

Wartość promienia  $R$ , który należy przyjąć do obliczeń określa Zamawiający – na podstawie zakładanych parametrów pocisku. Położenie koła należy przyjmować wg wymagań punktu 6.3.3.2.



Rys. 6.2.1

Rejon uszkodzonej konstrukcji kadłuba wskutek wybuchu pocisku wewnątrz okrętu

#### 6.2.2 Uszkodzenia kadłuba od wybuchu podwodnego

W obliczeniach należy założyć, że wskutek wybuchu podwodnego następuje całkowite zniszczenie elementów konstrukcji dna lub burty kadłuba okrętu poniżej wodnicy (poszycie, usztywnienia i wiązary w wybranym przekroju poprzecznym), na długości  $l$ .

Wartość  $l$  określa Zamawiający na podstawie zakładanej masy ładunku wybuchowego i współrzędnych miejsca wybuchu, w układzie współrzędnych związanym z okrętem.

### 6.2.3 Uszkodzenia kadłuba wskutek kolizji z obiektem pływającym

W obliczeniach należy założyć, że wskutek kolizji następuje całkowite zniszczenie elementów konstrukcji burty okrętu w następującym obszarze:

- na długości 5 m pomiędzy sąsiednimi grodziami poprzecznymi;
  - na głębokości  $1/5 B$  (od położenia burty przed uszkodzeniem, do wnętrza kadłuba);
  - od wodnicy do poziomu pokładu głównego (pokład pozostaje nieuszkodzony);
- lub obszarze wynikającym z określonej w ZTT/ConOpS zdolności do działania po uszkodzeniu zdefiniowanym zgodnie z Załącznikiem D do rozdziału I Części 3 Kodeksu NSC.

### 6.2.4 Uszkodzenia dna okrętu wskutek kontaktu z dnem akwenu

W obliczeniach należy założyć, że wskutek kontaktu dna okrętu z dnem akwenu następuje całkowite zniszczenie elementów konstrukcji dna w następującym obszarze:

- na długości 5 m w dowolnym miejscu od owręza w stronę dziobu;
  - na szerokości 2,5 m;
  - na głębokości 1 m od linii dna przed uszkodzeniem, do wewnątrz okrętu, ale dla okrętów z dnem podwójnym nie głębiej niż do dna wewnętrznego (dno wewnętrzne pozostaje nieuszkodzone);
- lub obszarze wynikającym z określonej w ZTT/ConOpS zdolności do działania po uszkodzeniu zdefiniowanym zgodnie z Załącznikiem D do rozdziału I Części 3 Kodeksu NSC.

## 6.3 Metody analizy i kryteria

### 6.3.1 Zasady ogólne

**6.3.1.1** Wytrzymałość ogólną kadłuba uszkodzonego należy sprawdzić dla obliczeniowych wartości momentu zginającego i obliczeniowych wartości siły poprzecznej wyznaczanych wg 6.3.2.

**6.3.1.2** Wytrzymałość związaną z momentami zginającymi od zginania ogólnego należy ocenić poprzez sprawdzenie wytrzymałości granicznej uszkodzonego kadłuba w warunkach zginania ogólnego wg 6.3.4.

**6.3.1.3** Wytrzymałość kadłuba w warunkach ścinania podlega ocenie z zastosowaniem liniowo – sprężystego modelu kadłuba, wg 6.3.5.

### 6.3.2 Obliczeniowe wartości momentów zginających i sił poprzecznych

**6.3.2.1** Obliczeniowe wartości momentu zginającego  $M_{ob}$  należy wyznaczać wg wzoru:

$$M_{ob} = \gamma_{sf} M_{sf} + \gamma_w M_w, \text{ [kNm]} \quad (6.3.2.1)$$

gdzie:

$M_{sf}$  – wartość momentu zginającego na wodzie spokojnej w rozpatrywanym przekroju, [kNm], wyznaczona z uwzględnieniem zatopienia przedziału wodoszczelnego, stosownie do usytuowania uszkodzenia podwodnej części kadłuba – wg 6.2. Poziom wody w zatopionym przedziale sięga do poziomu wodnicy uszkodzonego kadłuba okrętu. Obliczając  $M_{sf}$  należy stosować zasady obliczania  $M_s$  podane w B/15.4;

$M_w$  – falowy moment zginający, [kNm], określony wg B/15.5.1 dla rozpatrywanego przekroju; na życzenie Zamawiającego we wzorze 6.3.2.1 może być zastosowana zmniejszona wartość  $M_w$  – stosownie do zakładanego stanu morza, w którym okręt ma przetrwać w stanie uszkodzonym;

$\gamma_{sf} = 1,0$  – cząstkowy współczynnik bezpieczeństwa;

$\gamma_w = 1,20$  – cząstkowy współczynnik bezpieczeństwa.

**6.3.2.2** Obliczeniowe wartości siły poprzecznej,  $Q_{ob}$ , należy wyznaczać wg wzoru:

$$Q_{ob} = \gamma_{sf} M_{sf} + \gamma_w Q_w, \text{ [kNm]} \quad (6.3.2.2)$$

gdzie:

$Q_{sf}$  – siła ścinająca na wodzie spokojnej, [kN], dla rozpatrywanego przekroju, wyznaczona z uwzględnieniem zatopienia przedziału wodoszczelnego, stosownie do usytuowania uszkodzenia podwodnej części kadłuba – wg 6.2. Poziom wody w zatopionym przedziale sięga do poziomu wodnicy uszkodzonego kadłuba. Obliczając  $Q_{sf}$  należy stosować zasady obliczenia  $Q_s$  wg B/15.9.

$Q_w$  – falowa siła poprzeczna, [kN], działająca w rozpatrywanym przekroju, określona jako  $Q_{wp}$  lub  $Q_{wn}$  wg B/15.10; na życzenie Zamawiającego we wzorze 6.3.2.2 może być zastosowana zmniejszona wartość  $Q_w$  – stosownie do zakładanego stanu morza, w którym okręt ma przetrwać w stanie uszkodzonym;

$\gamma_{sf}$ ,  $\gamma_w$  – określono w p. 6.3.2.1.

### 6.3.3 Wytrzymałość związana z momentami zginającymi – miejsca i sposób obliczeń

**6.3.3.1** Należy rozpatrzyć wytrzymałość konstrukcji wg 6.3.4.3 w rejonach założonych uszkodzeń usytuowanych w rejonach o współrzędnych  $x = -0,25L_0$ ,  $x = 0$ ,  $x = 0,25L_0$  (w przybliżeniu). Może być wymagane sprawdzenie wytrzymałości w większej liczbie przekrojów poprzecznych – w zależności od podziału przestrzennego i konstrukcji kadłuba.

**6.3.3.2** Należy obliczyć wartość  $M_{gr}$  metodą podaną w Załączniku Z1, zakładając usytuowanie osi obojętnej równoległe do płaszczyzny podstawowej w założonych miejscach uszkodzeń.

Nie należy uwzględniać wzdłużnych wiązań kadłuba (poszycie, usztywnienia i wiązary wzdłużne) w obszarach uszkodzonych, zdefiniowanych w 6.2.

Należy rozpatrzyć usytuowanie rejonów uszkodzeń wymienionych w 6.2.1 i 6.2.2, we wszelkich realnych położeniach wzdłuż obwodu poprzecznego przekroju kadłuba (poszycie dna, burt, pokład górny, ściany boczne nadbudówek i pokładówek) tak, aby przy danej wartości  $R$  lub  $l$  objęły one jak największy obszar konstrukcji.

### 6.3.4 Wytrzymałość związana z momentami zginającymi – obliczanie momentów granicznych i kryterium wytrzymałości

**6.3.4.1** Wytrzymałość konstrukcji należy rozpatrzyć w przekrojach określonych w 6.3.3.1.

**6.3.4.2** Należy obliczyć momenty graniczne kadłuba,  $M_{gr}$ , [kNm], w przekrojach określonych w 6.3.4.1.

Wartości  $M_{gr}$  należy obliczyć metodą podaną w Załączniku Z1 – dla wymiarów netto elementów konstrukcyjnych i zakładając usytuowanie osi obojętnej równoległe do płaszczyzny podstawowej.

Sposób uwzględnienia elementów konstrukcji uszkodzonej i usytuowanie miejsc uszkodzeń należy przyjąć wg 6.3.3.2.

Alternatywnie obliczenia mogą być wykonane wg 6.3.4.4.

**6.3.4.3** Należy spełnić następujące kryterium:

$$|M_{ob}| \leq \left| \frac{M_{gr}}{\gamma_m} \right| \quad (6.3.4.3)$$

gdzie:

$M_{ob}$  – obliczeniowe wartości momentów zginających wyznaczone wg 6.3.2.1;

$M_{gr}$  – momenty graniczne wyznaczone wg 6.3.4.2 lub 6.3.4.4;

$\gamma_m = 1,1$  – cząstkowy współczynnik bezpieczeństwa.

**6.3.4.4** Obliczenia wartości  $M_{gr}$  mogą być wykonane z zastosowaniem nieliniowego modelu MES fragmentu konstrukcji kadłuba zawierającego rejon uszkodzony. Należy uwzględnić sprężysto-plastyczne odkształcenia materiału i nieliniowości geometryczne. Obliczenia takie podlegają odrębnemu rozpatrzeniu przez PRS.

### 6.3.5 Wytrzymałość na ścinanie

**6.3.5.1** Wytrzymałość uszkodzonego kadłuba w warunkach ścinania należy sprawdzić w tych przekrojach poprzecznych określonych w 6.3.3.1, w których uszkodzone jest poszycie burty.

**6.3.5.2** Należy spełnić kryterium:

$$Q_{ob} \leq \frac{Q_{gr}}{\gamma_m} \quad (6.3.5.2-1)$$

gdzie:

$Q_{ob}$  – obliczeniowa wartość siły poprzecznej, określona w p. 6.3.2.2. [kN];

$\gamma_m = 1,1$  – cząstkowy współczynnik bezpieczeństwa;

$$Q_{gr} = 10^{-3} \sum_{i=1}^{n_{gr}} b_i \cdot t_i \cdot \cos \alpha_i \cdot \tau_{cr,i}, \text{ [kN]} \quad (6.3.5.2-2)$$

gdzie:

$n_{gr}$  – liczba płyt poszycia obu burt, burt wewnętrznych, grodzi wzdłużnych w rozpatrywanym przekroju poprzecznym kadłuba (nie uwzględniać płyt w rejonach uszkodzenia kadłuba, określonych w p. 6.2);

$b_i$  – długość płyty odmierzona w przekroju poprzecznym kadłuba, [mm];

$t_i$  – grubość netto płyty [mm];

$\alpha_i$  – kąt pochylenia płyty w stosunku do PS okrętu, [stopnie];

$\tau_{cr,i}$  – naprężenia krytyczne płyty (styczne) obliczone wg B/13.3.2.4, [MPa].

## **7 WZMOCNIENIA KADŁUBÓW OKRĘTÓW DESANTOWYCH I KADŁUBY OKRĘTÓW Z KOMORĄ DOKOWĄ**

### **7.1 Wzmocnienia kadłubów okrętów desantowych**

#### **7.1.1 Zasady ogólne**

**7.1.1.1** Wymagania niniejszego rozdziału stanowią uzupełnienie wymagań rozdziału B/6, dotyczących konstrukcji dna okrętu. Mają one zastosowanie tylko do tych fragmentów dna okrętu, które mogą opierać się o grunt (dno akwenu) w rejonie brzegu akwenu w trakcie przemieszczenia się okrętu w kierunku brzegu i po jego unieruchomieniu.

**7.1.1.2** Wymagania niniejszego rozdziału opierają się na założeniu, że operacja posadowienia okrętu na brzegu (plaży) jest zawsze przeprowadzana wg ustalonych procedur, zapewniających zminimalizowanie obciążeń udarowych w warunkach kontaktu dna okrętu z gruntem. Założono także, że na brzegu akwenu nie ma kawałków skał lub kamieni tworzących nierówności powierzchni o wysokościach większych niż wysokość pasów wzmacniających lub amortyzujących, znajdujących się na dnie okrętu.

**7.1.1.3** Przy wymiarowaniu wiązań kadłuba okrętu desantowego należy rozważyć obciążenia udarowe od fali przybojowej w rejonie brzegu akwenu, uderzenia o grunt na brzegu oraz siły reakcji ramp dla pojazdów, wywołane ciężarem pojazdów. Należy zakładać kąt pochylenia piaszczystego dna morskiego do 2°, pochylenie dna wzdłuż okrętu w części dziobowej od 0° do 2° oraz prędkość lądowania na brzegu do 3 węzłów. Inne parametry rejonu lądowania okrętów do rozładunku będą przedmiotem rozpatrywania przez PRS po zdefiniowaniu przez Zamawiającego wyjściowych parametrów okrętu w założeniach lub wymaganiach taktyczno-technicznych.

W przypadku wykorzystywania ramp dziobowych i rufowych do przeładunku na głębokiej wodzie pojazdów wojskowej techniki pływającej, należy uwzględnić obciążenia powstające w całej fazie przemieszczania tych pojazdów do wody lub ich przemieszczania z wody na okręt. Kwestie obciążeń przy tworzeniu pomostów przeładunkowych z okrętów przelotowych, oraz tworzenia z okrętów pomostów pływających z użyciem ramp i systemów sprzęgania jednostek i przystani, będą przedmiotem odrębnego rozpatrywania przez PRS, podobnie jak przeładunki ro-ro wykonywane z okrętów na pomosty pływające i odwrotnie.

#### **7.1.2 Poszycie dna**

**7.1.2.1** Grubość poszycia dna w rejonach narażonych na oddziaływanie gruntu w trakcie i po posadowieniu okrętu na plaży należy określić wg wymagań rozdziału B/6, a następnie powiększyć o 20%. Zastosowana grubość powinna być nie mniejsza niż 7,0 mm.

#### **7.1.3 Usztywnienia i wiązary dna**

**7.1.3.1** Odstęp usztywnień dna w rejonach narażonych na oddziaływanie gruntu w trakcie i po posadowieniu okrętu na plaży nie powinien być większy niż 500 mm. Wartość wskaźnika przekroju tych usztywnień powinna być przynajmniej o 20% większa od wartości wyznaczonej wg wymagań rozdziału B/6.

**7.1.3.2** W obszarze dna wymienionym w 7.1.3.1 odstęp denników pełnych przy poprzecznym układzie wiązań dna powinien być nie większy niż 1,5 m, a przy układzie wzdłużnym – nie większy niż 2,0 m. Z każdej strony płaszczyzny symetrii okrętu należy zastosować przynajmniej o jeden wzdłużnik boczny dna więcej niż wynika to z wymagań rozdziału B/6, dotyczących rozmieszczenia elementów konstrukcji.

**7.1.3.3** Wymiary wiązarów dna okrętu należy ustalić wg wymagań rozdziałów B/6 i B/14. Należy uwzględnić także stan obciążenia charakterystyczny dla okrętów desantowych, gdzie dno okrętu w obszarze jak w 7.1.3.1 jest obciążone równomiernym ciśnieniem będącym wynikiem oddziaływania gruntu. Przyjęta do obliczeń powierzchnia tego obszaru nie powinna być większa niż 50% całkowitego obszaru dna okrętu. W obliczeniach należy uwzględnić naprężenia we wzdluznikach od ogólnego zginania kadłuba opierającego się o grunt. Należy także uwzględnić obciążenia od ciężaru pojazdów przy ich realnej liczbie i rozmieszczeniu na okręcie i na rampach ładunkowych.

**7.1.3.4** Wiązary i usztywnienia dna w obszarze wymienionym w 7.1.3.1 powinny być spawane spoinami ciągłymi. Otwory w środnikach wiązarów, w miejscach połączeń z usztywnieniami poszycia, powinny być zaślepione lub należy tam stosować nakładki.

#### **7.1.4 Wytrzymałość ogólna**

**7.1.4.1** W przypadku okrętów o długości  $L_0 > 50$  m obliczenia wytrzymałości ogólnej wymagane w rozdziale B/15 należy uzupełnić, uwzględniając stany obciążeń dla okrętu opierającego się dnem o brzeg, przy różnych realnych konfiguracjach podparcia i obciążenia okrętu od wewnątrz i od reakcji ramp ładunkowych. W obliczeniach można nie uwzględniać momentów zginających i sił poprzecznych falowych (porównaj rozdział B/15), tzn. we wzorach B/15.2.1 i B/15.11.1 można przyjmować  $M_w = 0$  i  $Q_w = 0$ . Należy stosować te same wartości naprężeń dopuszczalnych  $\sigma$  i  $\tau$  jak w rozdziale B/15.

**7.1.4.2** Jeżeli w przypadku okrętu o długości  $L_0 > 50$  m przewidziano możliwość opierania się dnem o plażę w rejonie  $-0,2L_0 < x < 0,2L_0$ , to wymagana grubość poszycia oraz wymiany wzdluznych usztywnień i wiązarów dna w tym rejonie podlegają odrębnemu rozpatrzeniu przez PRS.

#### **7.1.5 Wzdluzniki ochronne lub amortyzujące**

**7.1.5.1** Dla jednostek małych lub będących na wyposażeniu większych okrętów desantowych zalecane jest zastosowanie na dnie wzdluzników ochronnych lub amortyzujących o konstrukcji podobnej do odbojnic burtowych. Wzdluzniki te powinny być zainstalowane w części dna przewidzianej do opierania się o grunt, po zewnętrznej stronie dna, w odstępach około 1,5 m, w osi wzdluzników dennych, a ich wysokość powinna być nie mniejsza niż 100 mm.

**7.1.5.2** Dopuszczalne jest zastosowanie mocnych wzdluzników ochronnych stalowych, z kształtowników walcowanych lub o konstrukcji spawanej, skrzynekowej.

**7.1.5.3** Wzdluzniki ochronne lub obramowania wzdluzników amortyzujących powinny być wykonane z takiego samego materiału jak poszycie dna, do którego są mocowane i powinny być zabezpieczone powłokami ochronnymi przed korozją.

**7.1.5.4** Wzdluzniki ochronne lub obramowania wzdluzników amortyzujących powinny być spawane do poszycia dna kadłuba spoinami ciągłymi. Ich odcinki powinny być spawane między sobą doczołowo przed zamontowaniem do kadłuba. Jeżeli takie spawanie odcinków jest niemożliwe, to PRS może dopuścić spawanie na podkładach ceramicznych.

**7.1.5.5** Końce wzdluzników ochronnych lub obramowań wzdluzników amortyzujących powinny być ukosowane, z pochyleniem nie mniejszym niż 1:3 i powinny sięgać za denniki lub poprzeczne usztywnienia poszycia dna na odległość 30 do 50 mm. Spoiny w rejonie końców w/w elementów powinny być wzmocnione.



## 7.2 Kadłuby okrętów z komorą dokową

### 7.2.1 Budowa okrętu

**7.2.1.1** Wymagania podrozdziału 7.2 mają zastosowanie do okrętów z komorą dokową w rufowej części, umożliwiającą załadunek, transport i wyładunek/wodowanie innego obiektu/okrętu.

**7.2.1.2** Komora dokowa okrętu powinna być ograniczona grodziami wzdłużnymi i grodzia poprzeczną, sięgającymi przynajmniej do poziomu pokładu grodziowego. Końcowa gródź poprzeczna komory dokowej powinna wytrzymywać ciśnienie udarowe (sloshing) wody w komorze. W rejonie rufy okrętu powinna być zastosowana wodoszczelna furta rufowa, która może pełnić funkcję rampy dla pojazdów.

Konstrukcja, system zamocowań do kadłuba i uszczelnienia furty powinny spełniać wymagania określone w części III Przepisów.

**7.2.1.3** Okręt powinien być wyposażony w zdwojony system pomp, rurociągów i zaworów umożliwiający jego zanurzenie wymagane do wprowadzenia innego okrętu do przestrzeni (komory) dokowej, a następnie usunięcie wody z przestrzeni dokowej i przestrzeni balastowych.

System ten powinien spełniać ogólne wymagania przepisów dla systemów balastowych i odwadniania oraz osuszania niecki dokowej okrętu – w zakresie uzgodnionym szczegółowo z Zamawiającym, szczególnie w zakresie czasów operacyjnego rozładunku okrętu mającego wpływ na jego parametry taktyczne.

**7.2.1.4** Drzwi prowadzące z komory dokowej do wnętrza okrętu powinny spełniać wymagania części III Przepisów, dotyczące drzwi w grodziach wodoszczelnych okrętu.

**7.2.1.5** W rejonie przestrzeni dokowej okrętu należy zainstalować urządzenia cumownicze umożliwiające wprowadzenie/wyprowadzenie okrętów i ustalenie ich pozycji na czas transportu.

Na ścianach ograniczających przestrzeń dokową należy zastosować odbojnice.

Powyższe elementy wyposażenia doku oraz inne niezbędne do załadunku i rozładunku pojazdów i techniki wojskowej na jednostki amfibijne wewnątrz okrętu transportującego, powinny spełniać ogólne wymagania części III Przepisów oraz przepisów klasyfikacyjnych PRS dla doków pływających w zakresie uzgodnionym z Zamawiającym.

### 7.2.2 Obciążenia obliczeniowe

**7.2.2.1** Konstrukcja kadłuba okrętu powinna spełniać kryteria wytrzymałości określone w niniejszych przepisach dla obciążeń w warunkach morskich (p. 7.2.2.2) i w warunkach dokowania innych okrętów (p. 7.2.2.3).

**7.2.2.2** W warunkach morskich furta rufowa jest zamknięta, a w przestrzeni dokowej nie ma wody. Należy uwzględnić następujące składowe obciążenia obliczeniowych:

- ciśnienia zewnętrzne wg p. B/17.6.3.1;
- ciśnienie cieczy w zbiornikach wg p. B/17.6.6;
- statyczne i dynamiczne obciążenia od transportowanego okrętu lub pojazdów wg p. B/17.6.8;
- obciążenie od systemu zamocowań transportowanego okrętu (lub pojazdów) do kadłuba;
- obciążenia na dno przestrzeni dokowej od innych ładunków niż okręt lub pojazdy.

**7.2.2.3** W warunkach dokowania innych okrętów należy uwzględnić następujące składowe obciążenia:

- ciśnienie zewnętrzne wody;
- ciśnienie wody w przestrzeni dokowej;
- ciśnienie udarowe wody (sloshing) w komorze dokowej;
- siły od systemu cumowniczego i uderzeń okrętu w ściany przestrzeni dokowej;

- reakcje zamocowań do kadłuba furty rufowej w pozycji otwartej.

Obliczeniowe wartości tych obciążeń będą ustalane przez PRS odrębnie, stosownie do uzgodnionych z Zamawiającym dopuszczalnych warunków falowania wody w akwencie i prędkości wiatru.

### **7.2.3 Instrukcja eksploatacji okrętu**

**7.2.3.1** Okręt powinien być wyposażony w Instrukcję eksploatacji, która dodatkowo w stosunku do ogólnych wymagań określonych w p. A/3.6 w dziale B powinna zawierać:

- dopuszczalne warunki falowania i wiatru w warunkach dokowania innych okrętów;
  - wymagane przegłębienie okrętu w trakcie operacji dokowych;
  - ograniczenia dotyczące dokowanego okrętu (dopuszczalna wyporność, odległość od ścian przestrzeni dokowej, itp.);
  - opis i rysunki konstrukcyjne przestrzeni dokowej wraz z furtą rufową.
-

## 8 LĄDOWISKA ŚMIGŁOWCÓW I PŁASZCZYZNY VERTREP

### 8.1 Zasady ogólne

**8.1.1** Wymagania niniejszego rozdziału mają zastosowanie do okrętów z lądowiskami dla śmigłowców i/lub z płaszczyznami VERTREP (powierzchniami pokładu, z których ładunki mogą być odbierane przez śmigłowiec będący w zawisie lub przyjmowane z takiego śmigłowca).

Usytuowanie, konstrukcja i wyposażenie lądowisk dla śmigłowców i płaszczyzn VERTREP powinny niezależnie od poniższych wymagań spełniać także wymagania Normy Obronnej NO-19-A206.

**8.1.2** W niniejszym rozdziale podane są ogólne wymagania konstrukcyjne dotyczące lądowisk śmigłowców i płaszczyzn VERTREP, obciążenia obliczeniowe oraz zasady obliczania wymaganej grubości poszycia, wskaźnika przekroju usztywnień poszycia oraz sprawdzania wytrzymałości systemu wiązarów.

**8.1.3** Konstrukcja lądowiska powinna być stalowa lub wykonana z materiału równoważnego stali. Jeśli lądowisko stanowi pokład pokrywający pokładówkę lub nadbudówkę, to powinien on mieć konstrukcję klasy „A-60”.

### 8.2 Określenia i objaśnienia

W niniejszym rozdziale stosowane są następujące określenia dotyczące obciążeń:

obciążenie statyczne – sumaryczny nacisk  $Q_s$  kół śmigłowca na pokład lądowiska lub nacisk elementu ładunku na płaszczyznę VERTREP, o wartości odpowiadającej maksymalnej masie startowej  $m$  śmigłowca lub maksymalnej masie elementu ładunku ( $Q_s = mg$ ;  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$  – przyspieszenie ziemskie);

obciążenie obliczeniowe dla rejonu przyziemia – (określonego wg Normy Obronnej NO-19-A206) – obciążenie o wartości  $3Q_s$ ;

obciążenie obliczeniowe dla rejonu krytycznego – (określonego wg Normy Obronnej NO-19-A206) – obciążenie o wartości  $5Q_s$ ;

obciążenie w warunkach manewrowania lub parkowania – obciążenie odpowiadające ciśnieniu  $p$  na powierzchni odcisku koła lub powierzchni styku elementu ładunku z płaszczyzną VERTREP, określonego wg wzoru (9.3.2.3-2) dla  $K_d = 1 + 0,5a_v / g$ , przy czym przyjęta do obliczeń wartość  $K_d$  nie może być mniejsza niż 1,5.

### 8.3 Wymagana dokumentacja

#### 8.3.1 Dokumentacja lądowiska dla śmigłowców

Dokumentacja przedstawiana do zatwierdzenia, która jednocześnie stanowi podstawę certyfikacji infrastruktury lotniczej okrętu, powinna zawierać następujące informacje:

- .1 usytuowanie i wymiary lądowiska;
- .2 zwymiarowane oznakowanie powierzchni lądowiska, wyznaczające rejon przyziemia, manewrowania i parkowania (należy uwzględnić wymagania Normy obronnej NO-19-A206);
- .3 rozmieszczenie urządzeń do mocowania śmigłowców do pokładu;
- .4 dane techniczne śmigłowców przyjęte do zaprojektowania konstrukcji lądowiska (maksymalna masa, rozstaw kół lub płóz, wymiary odcisków kół lub płóz, maksymalna średnica wirnika nośnego);
- .5 rysunki konstrukcyjne lądowiska;

- .6 rysunki określające przeznaczenie i wyposażenie pomieszczeń pod pokładem ładowiska;
- .7 określenie rejonu przyziemia awaryjnego (rejonu krytycznego);
- .8 dla ładowisk, na których umieszczono płaszczyznę VERTREP – informacje wymienione w 8.3.2, w podpunktach .1, .2, .3 i .4.

### 8.3.2 Dokumentacja płaszczyzny VERTREP

Dokumentacja przedstawiana do zatwierdzenia powinna zawierać następujące informacje:

- .1 usytuowanie płaszczyzny VERTREP;
- .2 wymiary całkowite i wymiary powierzchni przeznaczonej do opuszczania ładunku ze śmigłowca;
- .3 powierzchnia przewidziana do składania ładunku i rozmieszczenie urządzeń do mocowania ładunku;
- .4 dane techniczne opuszczanego ze śmigłowca ładunku przyjęte do zaprojektowania konstrukcji płaszczyzny VERTREP (maksymalna masa i wymiary);
- .5 rysunki konstrukcyjne płaszczyzny VERTREP;
- .6 rysunki określające przeznaczenie i wyposażenie pomieszczeń pod płaszczyznę VERTREP.

## 8.4 Poszycie, usztywnienia, wiązary i podpory ładowisk śmigłowców

### 8.4.1 Poszycie

**8.4.1.1** Wyznaczając wymaganą grubość poszycia ładowiska w obszarze przewidzianym do lądowania należy założyć, że obciążenie od kół śmigłowca może wystąpić w dowolnym miejscu tego obszaru.

**8.4.1.2** Należy założyć, że obciążenie w warunkach lądowania (patrz 8.2) rozkłada się równomiernie na dwie powierzchnie śladów kół (lub obwiedni śladów kół) o wymiarach wg dokumentacji technicznej śmigłowca.

Jeżeli wymiary te nie są znane, to należy przyjąć wymiary odcisku koła  $0,2\text{ m} \times 0,3\text{ m}$  ( $0,2\text{ m}$  – wymiar w kierunku poprzecznym do osi koła).

Identyczne wymiary powierzchni nacisku na pokład jak wyżej (tzn.  $0,2\text{ m} \times 0,3\text{ m}$ ) należy przyjmować w przypadku śmigłowców na płozach.

**8.4.1.3** Wymaganą grubość poszycia należy obliczyć wg wzoru (9.3.3.1), wyznaczając  $Q$  wg 9.3.4, gdzie należy przyjąć ciśnienie  $p$  jako wartość obliczeniowego obciążenia w warunkach lądowania wyznaczoną wg 8.2, rozdzieloną na koła wg 8.4.1.2, podzieloną przez powierzchnię śladu koła (lub obwiedni kół).

**8.4.1.4** Jeżeli poniżej ładowiska przewidziano pomieszczenia przeznaczone do stałego przebywania osób (pomieszczenia załogi, stanowiska sterowania, itp.) albo do składowania paliwa płynnego, to grubość poszycia należy obliczać wg 8.4.1.3 stosując obciążenie obliczeniowe dla rejonu krytycznego (patrz 8.2).

**8.4.1.5** Grubość poszycia rejonu przyziemia ładowiska usytuowanego na pokładzie wytrzymałościowym w środkowej części kadłuba okrętu należy zwiększyć o 10% w stosunku do wyznaczonej wg 8.4.1.3 lub 8.4.1.4.

W rejonach pokładu wytrzymałościowego pomiędzy częścią środkową a częściami skrajnymi wymaganą grubość  $t$  należy ustalić metodą interpolacji liniowej dla wartości  $t$  wyznaczonej jak wyżej i wg 8.4.1.3, obowiązującej w częściach skrajnych.

**8.4.1.6** W rejonach ładowiska przeznaczonych do manewrowania lub parkowania śmigłowców wymaganą grubość poszycia należy obliczyć wg wzoru (9.3.3.1) dla obciążeń w warunkach manewrowania i obciążeń w warunkach postoju (patrz 8.2).

Obowiązuje przy tym zgrubienie poszycia wg 8.4.1.5.

**8.4.1.7** Poszycie w obszarach innych niż przeznaczone do lądowania, manewrowania i parkowania należy wymiarować jak w przypadku pokładów, tzn. wg rozdziału B/8.

**8.4.1.8** W przypadku użytkowania na pokładzie wózków widłowych i innego sprzętu ciężkiego do transportu ładunków, należy dokonać analizy i oceny wytrzymałościowej konstrukcji pokładu w zakresie sprawdzenia nośności poszycia/nacisków jednostkowych i zapobieżeniu odkształceniom plastycznym pasów poszycia między usztywnieniami pokładu. Do obliczeń przyjęć rozwiązania przywołane w p. 9.

## 8.4.2 Usztywnienia

**8.4.2.1** Wyznaczając wymagany wskaźnik przekroju usztywnień poszycia pokładu lądowiska w obszarze przewidywanym do lądowania należy stosować wymagania podane w 8.4.1.1 i 8.4.1.2, dotyczące obciążeń od kół śmigłowca.

**8.4.2.2** Wymagany wskaźnik przekroju usztywnień należy obliczać wg punktu 9.4.2.

Wyznaczając  $Q$  wg wzoru (9.4.3) należy przyjąć ciśnienie  $p$  jako wartość obciążenia wyznaczoną wg 8.2, rozdzieloną na koła wg 8.4.1.2, podzieloną przez powierzchnię śladu koła (lub obwiedni kół).

We wzorze (9.4.3) należy stosować następujące wartości  $K$ :

- $K = 1,0$  – dla usztywnień lądowisk na specjalnych platformach, lądowisk na usztywnionych wzdłużnie pokładach w skrajnych częściach okrętu i na pokładach usztywnionych poprzecznie;
- $K = 1 - \frac{\sigma_o}{R_e}$  – dla wzdłużnych usztywnień pokładu (lądowiska) w środkowej części okrętu, gdzie  $\sigma_o$  jest naprężeniem od ogólnego zginania kadłuba, obliczanym dla momentu zginającego  $M = M_s + 0,59M_w$ ;  $M_s$  i  $M_w$  – patrz rozdział B/15.
- $K$  obliczane metodą interpolacji liniowej – dla wzdłużnych usztywnień lądowisk na pokładzie, usytuowanych pomiędzy środkową częścią kadłuba a częściami skrajnymi.

**8.4.2.3** W rejonach lądowiska przeznaczonych do manewrowania lub parkowania śmigłowców wymagany wskaźnik przekroju usztywnień należy obliczać wg wzoru (9.4.2) dla obciążeń w warunkach manewrowania i obciążeń w warunkach parkowania (patrz 8.2).

**8.4.2.4** Pole przekroju poprzecznego środka usztywnienia w obszarze przewidzianym do lądowania powinno być nie mniejsze niż pole obliczone wg wzoru:

$$A_s = \frac{12,5Q_s}{\tau_{dop}}, [\text{cm}^2] \quad (8.4.2.4)$$

gdzie:

$Q_s$  – patrz 8.2, [kN]

$\tau_{dop} = 0,5R_e$ , [MPa].

**8.4.2.5** Usztywnienia w obszarach innych niż przewidziane do lądowania, manewrowania i parkowania należy wymiarować jak dla pokładów, tzn. wg wymagań rozdziału B/8.

## 8.4.3 Wiązary i podpory

**8.4.3.1** Wymiary wiązarów i elementów konstrukcji podpierającej lądowisko należy wyznaczyć na podstawie obliczeń bezpośrednich, z uwzględnieniem wymagań rozdziału B/14.

**8.4.3.2** Należy sprawdzić wytrzymałość wiązarów i elementów konstrukcji podpierającej lądowisko dla obciążenia określonego wg 8.2 stosując założenia dotyczące obciążenia od kół, podane w 8.4.1.1 i 8.4.1.2.

Należy przy tym spełnić kryterium:

$$\sigma_{zr} = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} \leq R_e \quad (8.4.3.2)$$

gdzie:

$\sigma$  – naprężenia normalne; dla wzdłużnych wiązarów ładowisk na pokładach  $\sigma$  jest sumą naprężeń od zginania wiązarów i naprężeń od ogólnego zginania kadłuba momentem  $M_s + 0,59M_w$  ( $M_s$ ,  $M_w$  – patrz B/15);

$\tau$  – średnie naprężenia styczne w środnikach wiązarów.

**8.4.3.3** W warunkach obciążenia jak w 8.4.3.2 naprężenia krytyczne w ściskanych elementach podpartych ładowiska powinny być nie mniejsze niż naprężenia ściskające.

**8.4.3.4** Należy także sprawdzić wytrzymałość wiązarów i elementów konstrukcji podpierającej ładowisko w warunkach manewrowania i parkowania śmigłowców dla obciążeń wymaganych w 8.4.1.6.

Należy przy tym uwzględnić oblodzenie wg B/17.4, jeżeli ma to zastosowanie.

Należy stosować wartości naprężeń dopuszczalnych podane w B/14.5.

## 8.5 Poszycie, usztywnienia, wiązary i podpory płaszczyzn VERTREP

### 8.5.1 Poszycie

**8.5.1.1** Jeżeli sztuki ładunku lub wyposażenia przewidziane do opuszczania na płaszczyznę VERTREP mają formę sztywnych elementów, to należy przyjąć, że obciążenie w warunkach opuszczania rozkłada się równomiernie na dwie powierzchnie w wymiarach 0,1 m × 0,1 m, pod dwoma dowolnymi narożami elementu.

W przypadku innych typów ładunku obciążenia w warunkach opuszczania podlegają odrębnemu rozpatrzeniu przez PRS.

**8.5.1.2** Poszycie płaszczyzny VERTREP należy wymiarować wg wymagań podrozdziału 8.4.1, jak dla poszycia pokładów ładowisk, ale dla zastępczej powierzchni odcisków kół wg 8.5.1.1.

**8.5.1.3** Poszycie powinno spełniać także wymagania rozdziału B/8, dotyczące pokładów.

### 8.5.2 Usztywnienia

**8.5.2.1** Usztywnienia należy wymiarować wg wymagań podanych w 8.4.2 dla usztywnień ładowisk śmigłowców (w zakresie, jaki ma zastosowanie) przyjmując wg 8.5.1.1 założenia dotyczące obciążenia.

### 8.5.3 Wiązary i podpory

**8.5.3.1** Wiązary i podpory należy wymiarować wg wymagań podanych w 8.4.3 dla ładowisk śmigłowców (w zakresie, jaki ma zastosowanie) przyjmując wg 8.5.1.1 założenia dotyczące obciążenia.

## 8.6 Wymagania dla śmigłowców

### 8.6.1 Wymiary hangaru

**8.6.1.1** Długość, szerokość i wysokość hangaru uzgadnia z Zamawiającym projektant okrętu, stosownie do zakładanych gabarytów śmigłowców oraz płaszczyzny wymaganej do obsługi śmigłowca.

### 8.6.2 Wrota i drzwi

**8.6.2.1** Hangar w zasadzie powinien być zamknięty wrotami. W przypadku gdy przestrzeń hangaru jest konieczna do spełnienia kryteriów stateczności lub niezatapialności okrętu (wg wymagań części IV Przepisów), wrota powinny być wodoszczelne odpowiednio do wymagań części IV Przepisów (p. 4.3) lecz nie mniej niż 600 mm powyżej pokładu na którym parkowane są śmigłowce.

W przypadku gdy przestrzeń hangaru nie jest uwzględniona w analizie stateczności/niezatapialności, to wrota nie muszą być wodoszczelne, powinny jednak zachowywać strugoszczelność. Hangar powinien być zaopatrzony w środki zapewniające odwadnianie.

Konstrukcja zamocowań wrót do konstrukcji hangaru oraz ich rodzaj i rozwiązanie techniczne będzie rozpatrywana przez PRS odrębnie.

**8.6.2.2** Drzwi prowadzące z hangaru do innych przestrzeni okrętu powinny być wodoszczelne przynajmniej do poziomu 600 mm ponad pokład, na którym są garażowane śmigłowce.

### **8.6.3 Wytrzymałość konstrukcji hangaru**

**8.6.3.1** Wytrzymałość pokładu na którym są ustawione śmigłowce powinna spełniać kryteria określone w p. 8.4, dla obciążeń w warunkach manewrowania lub parkowania. Należy przy tym uwzględnić lokalne obciążenia od zamocowań śmigłowców do pokładu.

W przypadku gdy na pokładzie hangaru mogą być transportowane pojazdy lub ładunek, należy spełnić wymagania rozdziału 9 lub B/8 – stosownie do zakładanych gabarytów pojazdów lub zakładanego statycznego obciążenia od ładunku.

**8.6.3.2** Konstrukcja ścian bocznych/końcowych i pokładu przykrywającego hangar powinna spełniać wymagania rozdziału B/10 w zakresie, jaki ma zastosowanie.

## **8.7 Lądowiska dronów**

### **8.7.1 Wymiary lądowiska**

**8.7.1.1** Konstrukcja lądowiska powinna spełniać wymagania p. 8.4 dla bardzo lekkich śmigłowców.

Z reguły wystarczające będą gabaryty elementów konstrukcji spełniające wymagania rozdziału B/8 dla obciążeń wyznaczonych w p. B/17.6.7.

**8.7.1.2** W projekcie okrętu należy przewidzieć system zamocowań dronów do pokładów, przed ich użyciem lub po wylądowaniu.

System ten podlega odrębnemu rozpatrzeniu przez PRS.

---



## 9 POKŁADY DO TRANSPORTU POJAZDÓW

### 9.1 Zasady ogólne

#### 9.1.1 Zastosowanie

Wymagania niniejszego rozdziału mają zastosowanie do pokładów okrętów usztywnionych wzdłużnie lub poprzecznie, przeznaczonych do transportu pojazdów kołowych lub gąsienicowych oraz do pokładów przestrzeni magazynowych, gdzie pojazdy są stosowane do przemieszczania zapasów lub ładunku.

#### 9.1.2 Dokumentacja techniczna

**9.1.2.1** Należy przedłożyć do rozpatrzenia i zatwierdzenia przez PRS następujące dane:

- plan ustawienia pojazdów na pokładach;
- zakładane parametry pojazdów takie jak:
  - maksymalna masa,
  - rozstaw osi i kół lub wymiary odcisków i rozstaw gąsienic,
  - typ opon oraz wymiary odcisków opon,
  - obciążenia statyczne przypadające na poszczególne koła lub poszczególne ogniwa gąsienic.

**9.1.2.2** Parametry pojazdów wymagane w 9.1.2.1 należy podać w *Instrukcji kontroli obciążenia okrętu*.

### 9.2 Materiały i spawanie

**9.2.1** Osprzęt stały (trwale połączony z konstrukcją kadłuba) do mocowania pojazdów i ładunku powinien być wykonany ze stali o kategorii spełniającej wymagania rozdziału B/2. Zastosowanie innych kategorii stali lub materiałów podlega odrębnemu rozpatrzeniu przez PRS.

**9.2.2** Odlewy stanowiące osprzęt stały do mocowania pojazdów i ładunku zamocowane do kadłuba powinny odpowiadać wymaganiom *Części IX – Materiały i spawanie*.

**9.2.3** Spawanie elementów osprzętu stałego do mocowania pojazdów i ładunku do konstrukcji kadłuba powinno spełniać wymagania rozdziału B/4.

**9.2.4** Na połączeniach wiązarów i usztywnień do poszycia pokładów przeznaczonych do transportu pojazdów nie należy stosować wycięć. Zasadniczo należy stosować ciągłą spoinę dwustronną. Spoina przerywana obustronna może być zastosowana po odrębnym rozpatrzeniu przez organ PRS.

### 9.3 Poszycie

#### 9.3.1 Założenia ogólne

Wymagania wytrzymałościowe dla poszycia pokładów, które mogą podlegać obciążeniom od kół pojazdów oparte są na założeniu, że płyty poszycia poddane są równomiernemu obciążeniu powierzchniowemu (ciśnieniu) od pojedynczego koła.

W przypadku grupy kół, której odciski leżą w odległościach mniejszych od mniejszego z wymiarów odcisku pojedynczego koła, jej oddziaływanie na poszycie można zastąpić zastępczym odciskiem o wymiarach obwiedni tej grupy kół.

Wymiarowanie poszycia w przypadku innej konfiguracji odcisku grupy kół podlega odrębnemu rozpatrzeniu przez PRS.

### 9.3.2 Ciśnienie obliczeniowe i wymiary odcisku koła

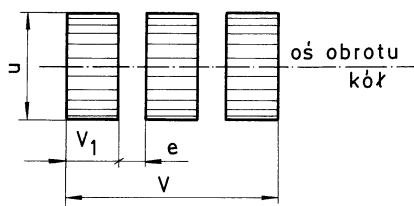
**9.3.2.1** Ciśnienie obliczeniowe i wymiary odcisków kół (lub obwiedni grupy kół) należy ustalić na podstawie danych technicznych pojazdów (patrz 9.3.2.2).

Jeżeli rozmieszczenie i rozmiary odcisków kół nie są znane, to na potrzeby obliczeń wytrzymałościowych należy je ustalić wg 9.3.2.4.

**9.3.2.2** Powierzchnię obliczeniową  $F$  odcisku pojedynczego koła lub grupy kół należy określać wg wzoru:

$$F = u \cdot v, \text{ [m}^2\text{]} \quad (9.3.2.2)$$

gdzie:  $v = v_1$  – dla pojedynczego koła albo gdy  $e > v_1$  (rys. 9.3.2.2); dla grupy kół  $v$  wg rys. 9.3.2.2.



Rys. 9.3.2.2

**9.3.2.3** Jeżeli wymiary  $u$  i  $v$  odcisków kół są znane (patrz 9.3.2.2), to ciśnienie statyczne  $p_k$  działające na powierzchni odcisku koła należy wyznaczać wg wzoru:

$$p_k = \frac{n}{n_0} \frac{Q_0}{F}, \text{ [kPa]} \quad (9.3.2.3-1)$$

gdzie:

$n$  – liczba kół tworzących grupę kół (dla kół pojedynczych  $n = 1$ );

$n_0$  – liczba kół na osi pojazdu;

$F$  – powierzchnia odcisku koła lub grupy kół, [m<sup>2</sup>];

$Q_0$  – obciążenie statyczne przypadające na oś pojazdu, [kN];

W przypadku nierównych obciążeń poszczególnych osi pojazdu należy przyjmować takie  $Q_0$  aby obliczone  $p_k$  było największe.

Przyjęta do obliczeń minimalna wartość  $Q_0$  powinna odpowiadać obciążeniu pojedynczego koła i wynosić 3,0 kN.

W przypadku podnośników widłowych stosowanych do operacji ładunkowych należy założyć, że całkowity ciężar pojazdu z ładunkiem obciąża przednią oś.

W przypadku pojazdów gąsienicowych  $F$  jest powierzchnią odcisku gąsienicy a  $Q_0$  jest połową ciężaru pojazdu.

Ciśnienie obliczeniowe  $p$  działające na powierzchni odcisku koła, niezbędne do określenia obciążenia obliczeniowego  $Q$  stosowanego do obliczania wymaganej grubości poszycia (patrz 9.3.3.1 i 9.3.3.2) oraz wskaźnika przekroju usztywnień poszycia (patrz 9.4.2 i 9.4.3) należy obliczać wg wzoru:

$$p = K_d p_k, \text{ [kPa]} \quad (9.3.2.3-2)$$

$K_d = \alpha_1 \cdot \alpha_2$  – współczynnik uwzględniający obciążenia dynamiczne od przemieszczających się pojazdów;

$\alpha_1$  – współczynnik równy:

$\alpha_1 = 1,1$  – w przypadku pojazdów (oprócz podnośników widłowych i pojazdów gąsienicowych) o obciążeniu na oś mniejszym niż 50 kN,

$\alpha_1 = 1,05$  – w przypadku pojazdów (oprócz podnośników widłowych i pojazdów gaśnicowych) o obciążeniu na oś wynoszącym 50 kN lub więcej,

$\alpha_1 = 1$  – w przypadku podnośników widłowych i pojazdów gaśnicowych,

$\alpha_2$  – współczynnik równy 1,15 – w przypadku pojazdów z oponami pneumatycznymi i litymi albo 1,25 – w przypadku kół z obręczami stalowymi i pojazdów gaśnicowych;

$$K_d = 1 + \frac{0,5a_v}{g} \text{ – w warunkach morskich;}$$

$a_v$  – przyspieszenie pionowe, [m/s<sup>2</sup>], określane według B/17.5.4.1.

**9.3.2.4** Jeżeli wymiary odcisków kół pojazdów nie są znane, to ciśnienie  $p_k$  [kPa], można przyjąć według tabeli 9.3.2.4

**Tabela 9.3.2.4**

Typ pojazdu	Typ opon	
	pneumatyczne	lite
samochody osobowe lub terenowe	200	–
samochody ciężarowe	800	–
przyczepy i naczepy	800	1500
podnośniki widłowe	800 (dla $n = 1$ )	1500
	600 (dla $n \geq 2$ )	1500

Powierzchnię odcisku koła lub grupy kół należy obliczać wg wzoru:

$$F = \frac{n}{n_0} \frac{Q_0}{p_K}, \quad [\text{m}^2] \quad (9.3.2.4-1)$$

$n, n_0, Q_0$  – jak w 9.3.2.3.

Wymiar  $u$  odcisku, prostopadły do osi obrotu kół, należy obliczać wg wzorów (patrz rys. 9.3.2.2):

– dla kół z oponami litymi:

$$u = 0,1 \frac{Q_0}{n_0}, \quad [\text{m}], \quad \text{gdy} \quad \frac{Q_0}{n_0} \leq 15 \text{ kN}, \quad (9.3.2.4-2)$$

$$u = 0,15 + 0,001 \left( \frac{Q_0}{n_0} - 100 \right), \quad [\text{m}], \quad \text{gdy} \quad \frac{Q_0}{n_0} > 15 \text{ kN},$$

– dla kół z oponami pneumatycznymi:

$$u = 0,15 + 0,0025 \frac{Q_0}{n_0}, \quad [\text{m}], \quad \text{gdy} \quad \frac{Q_0}{n_0} \leq 100 \text{ kN}, \quad (9.3.2.4-3)$$

$$u = 0,4 + 0,002 \left( \frac{Q_0}{n_0} - 100 \right), \quad [\text{m}], \quad \text{gdy} \quad \frac{Q_0}{n_0} > 100 \text{ kN}.$$

Wymiar  $v$  odcisku koła lub grupy kół, równoległy do osi obrotu należy obliczać wg wzoru:

$$v = \frac{F}{u}, \quad [\text{m}] \quad (9.3.2.4-4)$$

**9.3.2.5** 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 położeni 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).

We wszystkich przypadkach odciski kół powinny być usytuowane w ten sposób, aby dłuższy bok płyty albo odcinek poszycia podpierany przez usztywnienie były obciążone na jak największej długości.

### 9.3.3 Wymagana grubość poszycia

9.3.3.1 Grubość poszycia pokładu poddanego obciążeniu od kół powinna być nie mniejsza, niż grubość obliczona wg wzoru:

$$t = 58K_1 \sqrt{\frac{K_2 Q s}{m R_e}} + t_k, \quad [\text{mm}] \quad (9.3.3.1)$$

$K_1$  – współczynnik liczbowy, którego wartości należy określać następująco:

- minimalne wartości  $K_1$ , które można stosować dla poszycia wszystkich pokładów oprócz pokładu górnego, wynoszą:
- $K_1 = K_{1min} = 1,0$  – w warunkach portowych, dla obciążeń przy załadunku lub wyładunku,
- $K_1 = K_{1min} = 1,075$  – w warunkach morskich, dla obciążeń od przewożonych pojazdów;
- dla poszycia pokładu górnego w środkowej części okrętu

$$K_1 = \frac{1}{\sqrt{K_0}}$$

lecz nie mniej niż wartości  $K_{1min}$  podane wyżej.

Wartości współczynnika  $K_0$  należy przyjąć według tabeli 9.3.3.1.

**Tabela 9.3.3.1**  
**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 okrętu, [cm<sup>3</sup>], obliczona według B/15.2.1;

$W_r$  – rzeczywista wartość wskaźnika przekroju kadłuba w środkowej części okrętu, [cm<sup>3</sup>], obliczona według zasad podanych w B/15.7.1;

- dla poszycia pokładu górnego w skrajnych częściach okrętu obowiązują minimalne wartości  $K_1$  podane wyżej;
- pomiędzy częścią środkową okrętu a częściami skrajnymi, wartości  $K_0$  zmieniają się liniowo;

$$K_2 = 1,25 - 0,5 \frac{s}{l} \quad \text{dla } \frac{s}{l} > 0,5,$$

$$K_2 = 1 \quad \text{dla } \frac{s}{l} \leq 0,5;$$

$l$  – rozpiętość pokładników, [m];

$s$  – odstęp pokładników, [m];

$Q$  – obciążenie obliczeniowe, ustalone według punktu 9.3.4;

$R_e$  – granica plastyczności materiału poszycia, [MPa] (patrz B/2.2);

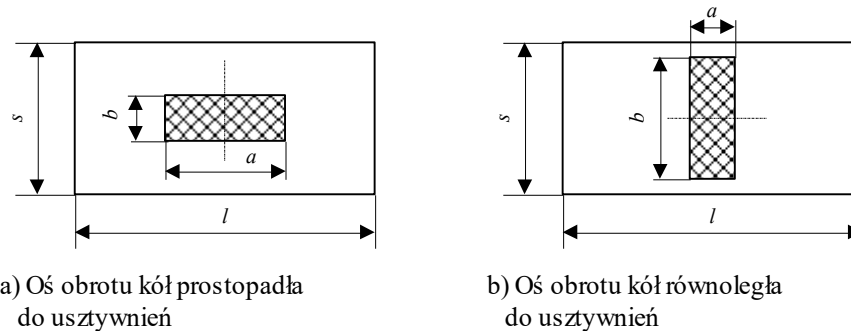
$m$  – współczynnik, obliczany w następujący sposób (dla odcisku pojedynczego koła lub obwiedni grupy kół – patrz rys. 9.3.3.1):

$$m = \frac{5,85}{1 - 0,57 \frac{b}{s}} \quad \text{dla} \quad \frac{b}{s} < 1,$$

$$m = 29,47 - \frac{b}{s} \left[ 23,65 - 8,75 \frac{b}{s} + 0,97 \left( \frac{b}{s} \right)^2 \right] \quad \text{dla} \quad 1 \leq \left( \frac{b}{s} \right) \leq 3,35,$$

$$m = 12 \quad \text{dla} \quad \frac{b}{s} > 3,35,$$

$b$  – długość krawędzi odcisku koła prostopadłej do usztywnień (rys. 9.3.3.1), [m];



Rys. 9.3.3.1

**9.3.3.2** Jeżeli wymiary odcisków kół ustalono według 9.3.2.4, to grubość poszycia obliczoną wg 9.3.3.1 należy powiększyć o 15%.

**9.3.3.3** Grubość poszycia obliczoną wg 9.3.3.1 dla obciążeń od pojazdów gąsienicowych należy dodatkowo powiększyć o 1,5 mm.

**9.3.3.4** Grubość poszycia pokładu nie może być mniejsza od obliczonej wg B/8.3 dla pokładów pomieszczeń magazynowych.

#### 9.3.4 Obciążenie obliczeniowe dla poszycia

Obciążenie obliczeniowe dla poszycia,  $Q$ , [kN], należy obliczać wg wzoru:

$$Q = p C s_1, \quad [\text{kN}] \quad (9.3.4)$$

gdzie:

$p$  – według wzoru 9.3.2.3-2;

$C = 1,35C_1 - 0,6C_1^2 + 0,09C_1^3$ , ale nie więcej niż 1;

$$C_1 = \frac{a}{s}$$

$a, s$  – według rys. 9.3.3.1;

$s_1 = b$ , gdy  $b < s$ ;

$s_1 = s$ , gdy  $b \geq s$ ;

$b$  – według rys. 9.3.3.1.

#### 9.4 Pokładniki

##### 9.4.1 Zasady ogólne

Ustalając obciążenia obliczeniowe pokładników należy stosować zasady podane w punkcie 9.3.2.5 dla poszycia.

### 9.4.2 Wskaźnik przekroju pokładników

Wskaźnik przekroju netto (tzn. po odjęciu naddatków korozyjnych według B/ 2.5) poprzecznych i wzdłużnych pokładników pokładów podlegających obciążeniom od kół powinien być nie mniejszy, niż wskaźnik obliczony wg wzoru:

$$W = \frac{1000 Ql}{mKR_e} \quad [\text{cm}^3] \quad (9.4.2)$$

$Q$  – obciążenie obliczeniowe, [kN], ustalone wg punktu 9.4.3;

$l$  – rozpiętość pokładnika, [m];

$R_e$  – granica plastyczności materiału pokładnika, [MPa];

$m$  – współczynnik, obliczany w następujący sposób:

$$m = \frac{5,85}{1 - 0,57 \frac{a}{l}} \quad \text{dla} \quad \frac{a}{l} < 1,$$

$$m = 29,47 - \frac{a}{l} \left[ 23,65 - 8,75 \frac{a}{l} + 0,97 \left( \frac{a}{l} \right)^2 \right] \quad \text{dla} \quad 1 \leq \left( \frac{a}{l} \right) \leq 3,35,$$

$$m = 12 \quad \text{dla} \quad \frac{a}{l} > 3,35;$$

$a$  – wymiar odcisku wzdłuż usztywnień – patrz rys. 9.3.3.1;

$K$  – współczynnik naprężeń dopuszczalnych, o wartościach ustalanych w następujący sposób:

- dla pokładników wzdłużnych w środkowej części okrętu – wg tabeli 9.4.2, przy czym przyjęte wartości nie powinny przekraczać  $K_{max}$ ;
- dla pokładników wzdłużnych w skrajnych częściach okrętu:  $K = K_{max}$ ; pomiędzy środkową częścią okrętu, a częściami skrajnymi wartość  $K$  zmienia się liniowo;
- dla pokładników poprzecznych:  $K = K_{max}$ .

$W$  – wymagana wartość wskaźnika przekroju kadłuba w środkowej części okrętu, [ $\text{cm}^3$ ], obliczana według B/15.2.1;

$W_r$  – rzeczywista wartość wskaźnika przekroju kadłuba dla rozpatrywanego pokładu w środkowej części okrętu, [ $\text{cm}^3$ ], obliczana według zasad podanych w B/15.7.1.

**Tabela 9.4.2**  
**Wartości  $K$  dla pokładników wzdłużnych w środkowej części okrętu**

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

### 9.4.3 Obciążenia obliczeniowe

Obciążenia obliczeniowe  $Q$  dla usztywnień należy obliczać wg wzoru:

$$Q = K \cdot p \cdot s_1 \cdot l_1, \quad [\text{kN}] \quad (9.4.3.1)$$

gdzie:

$$K = 1, \quad \text{gdy} \quad \frac{b}{s} < 1 \quad \text{albo} \quad \frac{b}{s} \geq 3$$

$$K = 1,3 - 0,3 \left( \frac{b}{s} - 2 \right), \quad \text{gdy} \quad 1 \leq \frac{b}{s} < 3$$

$s$  – szerokość pasa poszycia podpieranego przez usztywnienie (odstęp usztywnień), [m];

$p$  – ciśnienie obliczeniowe określane wg wzoru (9.3.2.3-2);

$s_1 = b$ , gdy  $b < s$ ,

$s_1 = s$ , gdy  $b \geq s$ ,

$l_1 = a$ , gdy  $a < l$ ,

$l_1 = l$ , gdy  $a \geq l$ ,

$a, b, s, l$  – patrz rys. 9.3.3.1.

#### 9.4.4 Wymagania dodatkowe dotyczące wskaźnika przekroju pokładników

**9.4.4.1** Jeżeli wymiary odcisków kół ustalono według 9.3.2.4, to wskaźnik przekroju obliczony według wzoru (9.4.2), należy powiększyć o 15%.

**9.4.4.2** W sytuacjach, gdy nie można uznać, że pokładniki są sztywno podparte na każdym z wiązarów, wartości współczynnika  $m$  należy uzgodnić z PRS.

**9.4.4.3** Wskaźniki przekroju pokładników nie mogą być mniejsze od wymaganych dla pomieszczeń magazynowych, dla obciążeń wg B/17.6.7.

### 9.5 Wiązary

#### 9.5.1 Metoda obliczeń wytrzymałości wiązarów

Wymiary wiązarów podlegają sprawdzeniu metodami analizy wytrzymałości strefowej określonymi w B/14.

Wartości naprężeń dopuszczalnych podano w B/14.5.

#### 9.5.2 Obciążenie

W obliczeniach należy uwzględnić najbardziej niekorzystne warianty obciążenia pojazdami w warunkach portowych i w warunkach morskich, uwzględniając obciążenia dynamiczne w identyczny sposób jak podano w punkcie 9.3.2.3 dotyczącym obciążeń poszycia.

Wytrzymałość wiązarów powinna być odpowiednia także dla minimalnych ciśnień, o wartościach podanych w B/17.6.7, działających na całej powierzchni pokładu.



## **10 WZMOCNIENIA LODOWE**

### **10.1 Zasady ogólne**

#### **10.1.1 Zastosowanie**

**10.1.1.1** Wymagania dotyczące dodatkowego znaku klasy podano w *Publikacji 122/P – Requirements for Ice Baltic Class and Polar Class for Ships under PRS Supervision*. Dodatkowo, okręty 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)).

---

## 11 WYTRZYMAŁOŚĆ OKRĘTU W WARUNKACH DOKOWANIA

### 11.1 Cel i zakres zastosowania

**11.1.1** Celem wymagań niniejszego rozdziału jest zapewnienie wystarczającej wytrzymałości okrętu w warunkach dokowania, tzn. podparcia dna okrętu przez podpory stępkowe i boczne stosowane w dokach suchych lub pływających, podnośnikach dokowych, itp.

**11.1.2** PRS może wymagać, po rozpatrzeniu planu ogólnego okrętu, obliczeń wytrzymałości kadłuba okrętu w warunkach dokowania, w następujących sytuacjach:

- długość okrętu większa niż 100 m;
- specyficzny kształt kadłuba (np. długie odcinki kadłuba w rejonie rufy lub dziobu, których nie można bezpośrednio podeprzeć, okręty z dwoma pędnikami, wystające stacje hydroakustyczne, urządzenia podsterowujące, itp.);
- znaczna wartość ciężaru okrętu w [kN/m], na pewnej części długości okrętu w porównaniu z ciężarem innych części, itp.

**11.1.3** W sytuacjach wymienionych w p. 11.1.2 wymagane jest opracowanie, w ramach projektu okrętu, planu dokowania okrętu, tzn. rysunku przedstawiającego rozmieszczenie podpór pod dnem statku.

### 11.2 Obliczenia uproszczone

**11.2.1** Jeżeli w projekcie okrętu założono jego dokowanie na doku pływającym, to należy założyć, że cały ciężar okrętu będzie równoważony przez siły reakcji podpór stępkowych (kilbłoków).

Możliwość odstępstwa od tego wymagania będzie rozpatrywana przez PRS odrębnie.

**11.2.2** Wytrzymałość wiązarów dna statku można sprawdzić przykładając wzdłuż jego stępki obciążenie ciągłe o wartości:

$$q = 1,5 \frac{D_d \cdot g}{L_k}, [\text{kN/m}] \quad (11.2.2)$$

gdzie:

$D_d$  – wyporność okrętu w stanie do dokowania, [t];

$g$  = 9,81 m/s<sup>2</sup> – przyspieszenie ziemskie;

$L_k$  – długość podpartego odcinka stępki, [m].

W rejonach kadłuba, gdzie rzeczywiste obciążenie  $q$  jest większe od określonego wzorem 11.2.2 należy przyjmować do obliczeń większą wartość  $q$ .

W obliczeniach można założyć, że dno jest podparte nieprzesuwnie w kierunku pionowym, w płaszczyznach grodzi poprzecznych.

Wartość naprężeń dopuszczalnych należy przyjmować wg p. B/14.5.3.4.

### 11.3 Obliczenia MES

**11.3.1** W sytuacjach wymienionych w p. 11.1.2 PRS może wymagać wykonania obliczeń sprawdzających wytrzymałość kadłuba okrętu, z zastosowaniem modelu MES układu statek – podpory dna – dok pływający.

W przypadku dokowania okrętu w doku suchym model MES można ograniczyć do układu statek – podpory dna, zakładając nieskończenie dużą sztywność dna doku w kierunku pionowym.

Tworząc model MES należy stosować zasady określone w p. B/14.4 i B/14.5 – w zakresie jaki ma zastosowanie.

**11.3.2** Wartość naprężeń dopuszczalnych określono w p. B/14.5.3.4 i B/14.6.4.

## 12 DRGANIA KADŁUBA

### 12.1 Uwagi ogólne

#### 12.1.1 Przyczyny i skutki drgań konstrukcji kadłuba

**12.1.1.1** Rozdział 12 dotyczy drgań ustalonych kadłuba okrętu będących skutkiem dynamicznych obciążeń pochodzących od:

- falowania morza;
- pędników;
- silników głównych i pomocniczych;
- urządzeń pokładowych;
- wyposażenia i uzbrojenia okrętu.

Wymagania dotyczące drgań nieustalonych od wybuchu podwodnego podano w p. 4.3.7 i 4.3.8, a od uzbrojenia – w p. 5.5.

**12.1.1.2** Drgania kadłuba okrętu są zjawiskiem niekorzystnym, gdyż zmniejszają komfort załogi okrętu, przyczyniają się do zmęczenia konstrukcji, utrudniają funkcjonowanie urządzeń mechanicznych i elektronicznych, generują hałas, itp.

#### 12.1.2 Rodzaje drgań

**12.1.2.1** Drgania konstrukcji kadłuba okrętu mogą wystąpić w następujących postaciach:

- drgania ogólne kadłuba (drgania belki modelującej kadłub w płaszczyźnie pionowej, poziomej lub drgania giętno-skrętne);
- drgania rejonów konstrukcji grodzi, dna podwójnego lub pokładu na długości przedziału pomiędzy grodziami, drgania nadbudówki, itp.;
- drgania lokalne usztywnień poszycia lub płyt poszycia.

### 12.2 Dopuszczalny poziom drgań

#### 12.2.1 Standardy dotyczące drgań

**12.2.1.1** W kwestiach definicji drgań, zasad obliczeń drgań oraz procedur pomiarów drgań należy odwołać się do uznanych standardów międzynarodowych lub wytycznych towarzystw klasyfikacyjnych dotyczących statków (patrz p. 12.2.1.2).

**12.2.1.2** Przy ustaleniu dopuszczalnego poziomu drgań oraz sposobu pomiarów drgań zalecane jest stosowanie niżej wymienionych norm ISO:

- ISO 6954:2000, „Mechanical vibration – Guidelines for measurement, reporting and evaluation of vibration with regard to habitability on passenger and merchant ships”;
- ISO 2631-1:1997, „Mechanical vibration and shock – Evaluation of human exposure to whole-body vibration – Part 1: General requirements”;
- ISO 2631-2:1989, „Mechanical vibration and shock – Evaluation of humans exposure to whole-body vibration – Part 2: Continuous and shock induced vibration in buildings (1 – 80 Hz)”;
- ISO 20283-2, 2008, “Measurement of vibration on ships – Part 2: Structural vibration”;
- ISO 8041:1990 (E), “Human response to vibration – Measuring instrumentation”.

Zalecane jest także wykorzystanie informacji z Publikacji Informacyjnej 2/I PRS – *Zapobieganie drganiom na statkach*.

**12.2.1.3** Dopuszczalny poziom drgań w zasadzie powinien określić Zamawiający, a odpowiednie wymagania powinny być zapisane w wymaganiach taktyczno-technicznych.

**12.2.1.4** Jeżeli Zamawiający nie określa bezpośrednio dopuszczalnego poziomu drgań, to zalecane jest przyjęcie tego poziomu drgań wg danych podanych w tabeli 12.2.1.4. Podano tam dopuszczalną wartość  $v_{rms}$  skutecznej prędkości punktów w różnych rejonach kadłuba i nadbudówek/pokładówek, wyznaczoną dla zakresu częstości drgań od 1 Hz do 80 Hz, przy prędkości eksploatacyjnej  $v$  okrętu (patrz. p. A/2.2). Wartości te są zgodne z wymaganiami normy ISO 6954 (patrz p. 12.2.1.2).

W warunkach ruchu okrętu z prędkością  $v_{max}$  (patrz p. A/2.2) wartości  $v_{rms}$  podane w tabeli 12.2.1.4 mogą być zwiększone o 25%.

**Tabela 12.2.1.4**

**Dopuszczalne wartości  $v_{rms}$  w różnych rejonach kadłuba i nadbudówek/pokładówek**

Rejon okrętu	Prędkość drgań [mm/s]
<b>Pomieszczenia robocze</b>	
Maszynownia mogąca funkcjonować bez bezpośredniego nadzoru	5,0
Warsztaty mechaniczne	4,0
Warsztaty elektroniki	3,0
Kuchnie	3,5
<b>Pomieszczenia kierowania</b>	
Sterówka i kabina nawigacyjna	3,0
Pomieszczenie stanowisk dowodzenia i kierowania zintegrowanymi systemami walki	2,5
Pomieszczenie kontroli maszynowni i uszkodzeń okrętu	3,0
<b>Pomieszczenia załogowe</b>	
Kabiny oficerów	2,5
Biura oficerów i kabiny załogi	3,0
Mesy	3,0
Szpital	2,5
<b>Zewnętrzny rejon kadłuba</b>	
Przestrzeń robocza	4,0
Miejsca rekreacji	3,5

**12.2.2 Dopuszczalny poziom drgań ze względu na trwałość zmęczeniową konstrukcji**

**12.2.2.1** Aby uniknąć pęknięć zmęczeniowych konstrukcji stalowego kadłuba okrętu, to poziom drgań ogólnych kadłuba nie powinien przekraczać wartości (z dużym przybliżeniem):

- amplituda drgań: 1,0 mm
- skuteczna prędkość  $v_{rms} = 25$  mm/s
- przyspieszenie  $a = 15$  m/s<sup>2</sup>.

**12.2.2.2** W przypadku kadłuba aluminiowego wartości liczbowe podane w p. 12.2.2.1 należy zmniejszyć o 60%.

**12.2.3 Pomiary drgań**

**12.2.3.1** Po zbudowaniu lub istotnej modyfikacji okrętu należy sprawdzić, czy spełnione są kryteria dopuszczalnych parametrów drgań określone w p. 12.2.1.3, 12.2.1.4 i 12.2.2.

Metoda i zakres pomiarów powinny spełniać wymagania określone w Publikacji Informacyjnej 2/I PRS – *Zapobieganie drganiom na statkach*.

## 12.3 Metody redukcji poziomu drgań urządzeń napędowych i wyposażenia okrętu

### 12.3.1 Elastyczne posadowienie urządzeń/wyposażenia okrętu

**12.3.1.1** Poziom drgań urządzeń i elementów wyposażenia okrętu, wymuszonych przez pracę urządzeń napędowych i falowanie morza, można skutecznie obniżyć poprzez ich elastyczne posadowienie w kadłubie.

**12.3.1.2** Sztywność elastycznego posadowienia powinna być dobrana tak, aby częstość podstawowych drgań własnych elastycznie posadowionego urządzenia różniła się odpowiednio dużo od częstości wymuszeń drgań.

Zalecane jest spełnienie następujących wymagań

$$f_1 > 1,20 \cdot f_{wn} \quad (12.3.1.2-1)$$

$$f_1 > 1,20 \cdot f_k \quad (12.3.1.2-2)$$

gdzie:

$f_1$  – częstość podstawowych drgań własnych elastycznie posadowionego urządzenia, [Hz];

$f_{wn}$  – częstość odpowiadająca obrotom wału napędowego, [Hz];

$f_k$  – częstość podstawowych drgań własnych kadłuba (drżania ogólne lub drżania rejonu konstrukcji), [Hz].

### 12.3.2 Redukcja poziomu drgań poprzez ukształtowanie konstrukcji

**12.3.2.1** Kadłub okrętu powinien być konstruowany tak, aby nie wystąpiły drżania rezonansowe jego konstrukcji, wymuszone przez pracę napędu lub innych urządzeń.

Konstrukcja powinna być projektowana tak, aby jej częstości drgań własnych były odpowiednio duże, tzn. większe od częstości wymuszeń.

**12.3.2.2** W sytuacji gdy obserwowany poziom drgań wymuszonych konstrukcji kadłuba okrętu jest zbyt duży, celowa może być modyfikacja konstrukcji w celu zwiększenia jej sztywności – poprzez zastosowanie dodatkowych ścianek, pilersów, itp.

## 12.4 Prognozowanie poziomu drgań

**12.4.1** Ogólne zalecenia dotyczące bezpośredniego obliczania drgań kadłuba od wybuchu podwodnego podano w punktach 4.3.7 i 4.3.8. Wymagane tam modele obliczeniowe mogą być wykorzystane do obliczenia częstości drgań własnych konstrukcji i poziomu drgań wymuszonych przez pracę układu napędowego lub innych maszyn/urządzeń zainstalowanych na okręcie.

**12.4.2** Zastosowane metody i programy komputerowe do analizy drgań konstrukcji kadłuba będą rozpatrywane przez PRS odrębnie.

## 13 HAŁAS

### 13.1 Zasady ogólne

**13.1.1** Hałas generowany przez urządzenia zainstalowane na okręcie i drgania konstrukcji kadłuba ułatwiają jego wykrywalność (pole akustyczne okrętu) oraz niekorzystnie wpływają na zdrowie załogi.

W szczególności hałas:

- ułatwia wykrycie okrętu na morzu;
- zmniejsza efektywność działania stacji hydroakustycznych zainstalowanych na okręcie;
- zmniejsza możliwość wykrycia sygnałów podwodnych i nawodnych;
- utrudnia komunikację członków załogi;
- przyczynia się do zmęczenia i zmniejszenia możliwości koncentracji załogi, negatywnie wpływa na zdrowie i możliwość wypoczynku załogi.

**13.1.2** Wyróżnia się następujące rodzaje hałasu:

- a) hałas bezpośrednio generowany przez maszyny, urządzenia i instalacje okrętu (strukturalny i w powietrzu);
- b) hałas rozchodzący się w wodzie wokół okrętu;
- c) hałas związany bezpośrednio z drganiami konstrukcji kadłuba i nadbudówek/pokładówek.

Konstrukcja kadłuba okrętu, będąca przedmiotem niniejszych przepisów (cz. II – Kadłub) ma związek z drganiami typów b) i c), wymienionymi wyżej.

**13.1.3** Wymagania dotyczące dopuszczalnego poziomu hałasu są określone przez Zamawiającego w wymaganiach taktyczno-technicznych.

Zagadnienia dotyczące hałasu nie są przedmiotem procesu klasyfikacji okrętu przez PRS.

Na życzenie Zamawiającego PRS może nadzorować proces pomiarów poziomu hałasu na zbudowanym lub zmodyfikowanym okręcie, w celu potwierdzenia wymagań dotyczących dopuszczalnego poziomu hałasu.

**13.1.4** W celu właściwego definiowania poziomu hałasu, metod pomiarowych i stosowanych w tym celu przyrządów oraz zalecanych dopuszczalnych poziomów hałasu należy wykorzystać wiarygodne standardy międzynarodowe/krajowe.

Zalecane jest stosowanie aktualnych edycji następujących standardów:

- NO-19-A203, Okrętowe i pomocnicze jednostki pływające. Otoczenie akustyczne okrętów wojennych. Wymagania.
- Code of Noise Levels on Board Ships (IMO Res.337(91)),
- ISO 2923, „Acoustic – Measurement of Noise on Board Vessels”;
- ISO 31/VII, „Quantities and units of acoustics”;
- ISO 717/1, „Acoustics – Rating of sound insulation in buildings and building elements – Part 1: Airborne sound insulation in buildings and interior elements”;
- ISO 717/2, „Acoustics – Rating of sound insulation in buildings and of buildings elements – Part 2: Impact sound insulation”;
- ISO 140/4, „Acoustic – Measurement of sound insulation in buildings and of building elements – Part 4: Field measurements of airborne sound insulation between rooms”;
- ISO 140/7, „Acoustic – Measurement of sound insulation in buildings and of building elements – Part 7: Field measurements of impact sound insulations of floors”;
- ISO 1996, „Acoustic – Description and measurement of environmental noise, Part 1 –3”;
- ISO 1999, „Acoustic – Determination of exceptional noise exposure and estimation of noise-induced hearing impairment”.

Dodatkowe obowiązujące standardy może określić Zamawiający w uzgodnieniu ze stoczną budującą okręt i z PRS.

**13.1.5** W sytuacji, gdy pomiary hałasu na zbudowanym lub zmodyfikowanym okręcie przekroczą poziom dopuszczalny (p. 13.1.3), to może być wymagana modyfikacja konstrukcji kadłuba lub wyposażenia okrętu.

Problem ten będzie rozpatrywany przez PRS odrębnie.

---



**ZAŁĄCZNIK Z1****OBLICZANIE GRANICZNEJ WARTOŚCI MOMENTU ZGINAJĄCEGO****1 Sprawdzenie granicznej wytrzymałości kadłuba****1.1 Uwagi wstępne**

**1.1.1** Niniejszy Załącznik zawiera opis przybliżonej metody do wyznaczania zależności pomiędzy wartością  $M$  momentu zginającego w przekroju poprzecznym kadłuba a krzywizną  $\chi$  linii ugięcia oraz do obliczenia granicznej wartości  $M_{gr}$  momentu  $M$ .

Jest to metoda przyrostowa, a obliczenia mają charakter iteracyjny.

Metoda jest opisana w p. 2.1.

**1.1.2 Metoda obliczeń ma zastosowanie do kadłuba stalowego**

Wyznaczenie  $M_{gr}$  dla konstrukcji z innych materiałów będzie rozpatrywane odrębnie.

**2 Określanie zależności  $M-\chi$** **2.1 Przybliżona przyrostowo-iteracyjna metoda obliczania zależności  $M-\chi$** **2.1.1 Opis metody**

Zależność  $M-\chi$  jest wyznaczana metodą przyrostowo-iteracyjną przedstawioną schematycznie na rys. 2.1.1.

W metodzie tej graniczna wartość momentu  $M_{gr}$  w przekroju poprzecznym kadłuba jest utożsamiana z ekstremalną wartością momentu zginającego  $M$  na wykresie zależności  $M(\chi)$ . Wykres ten jest wyznaczany metodą przyrostowo-iteracyjną.

W każdym kroku iteracyjnym obliczana jest wartość momentu zginającego  $M_i$  w przekroju poprzecznym, która odpowiada zadanej wartości  $\chi_i$  krzywizny linii ugięcia kadłuba.

Wartość  $\chi_i$  jest przyjmowana w formie:

$$\chi_i = \chi_{i-1} + \Delta\chi, [1/m] \quad (2.1.1-1)$$

gdzie:

$\chi_{i-1}$  – wartość krzywizny w poprzednim kroku obliczeń;

$\Delta\chi$  – założony przyrost krzywizny.

Przyrost krzywizny określa zmianę wartości kąta obrotu przekroju poprzecznego kadłuba wokół jego poziomej osi obojętnej.

Zmiana kąta obrotu przekroju wywołuje odkształcenie  $\varepsilon$  w elementach kadłuba w kierunku wzdłuż osi kadłuba, o wartościach zależnych od usytuowania elementów.

Wartości naprężeń normalnych  $\sigma$  w poszczególnych elementach, odpowiadające odkształceniom  $\varepsilon$ , są wyznaczane na podstawie zależności  $\sigma-\varepsilon$  z uwzględnieniem nieliniowości, tzn. w zakresie sprężysto-plastycznym odkształceń materiału.

Zależność  $\sigma-\varepsilon$  jest nieliniowa i w związku z tym rozkład naprężeń  $\sigma$  w poszczególnych elementach przekroju poprzecznego kadłuba wymusza zmianę położenia osi obojętnej w każdym kroku obliczeń. Nowe położenie osi obojętnej w danym kroku obliczeń jest wyznaczane iteracyjnie, wykorzystując warunek równowagi sił w przekroju poprzecznym kadłuba.

Po wyznaczeniu położenia osi obojętnej i rozkładu naprężeń  $\sigma$  w przekroju poprzecznym kadłuba obliczany jest moment zginający  $M_i$  względem osi obojętnej, odpowiadający zadanej wartości krzywizny  $\chi_i$ , poprzez sumowanie składowych  $M_i$  od poszczególnych elementów tworzących przekrój poprzeczny.

Przyrostowo-iteracyjna procedura obliczeń składa się z następujących etapów obliczeń (patrz także rys. 2.1.1):

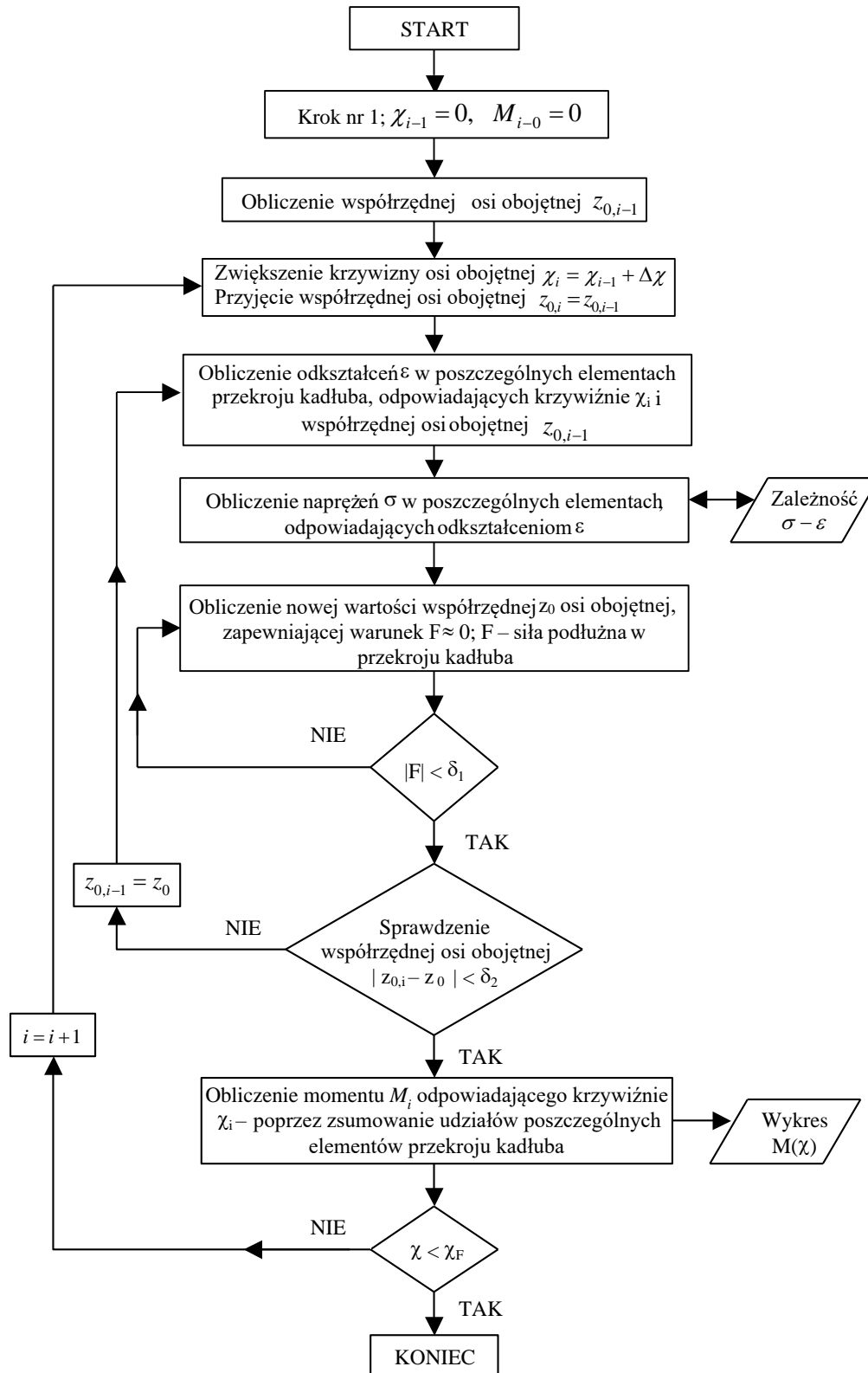
- Etap 1 – podział przekroju poprzecznego kadłuba na panele usztywnione;
- Etap 2 – przypisanie zależności pomiędzy naprężeniami i odkształceniami ( $\sigma$ - $\varepsilon$ ) do poszczególnych paneli (patrz Tabela 2.2.1);
- Etap 3 – założenie początkowej wartości krzywizny  $\chi = \chi_0 = 0,01 \varepsilon_y$  ( $\varepsilon_y$  – odkształcenie odpowiadające naprężeniom  $\sigma = R_e$ ) i wyznaczenie położenia osi obojętnej w pierwszym kroku obliczeń;
- Etap 4 – obliczenie odkształceń  $\varepsilon_i = \chi \cdot (z_i - z_0)$  ( $z_i$  – współrzędna pionowa elementu,  $z_0$  – współrzędna osi obojętnej) i naprężeń  $\sigma_i$  w poszczególnych elementach przekroju poprzecznego kadłuba;
- Etap 5 – obliczenie współrzędnej  $z_0$  osi obojętnej odpowiadającej zadanej krzywiznie  $\chi$ , która zapewnia spełnienie warunku:  
 $\sum A_i \sigma_i = \sum A_j \sigma_j$  (elementy  $i$ -te – ściskane, elementy  $j$ -te rozciągane,  $A$  – pole przekroju elementu);
- Etap 6 – obliczenie wartości momentu zginającego  $M$  odpowiadającej zadanej krzywiznie, poprzez zsumowanie udziałów poszczególnych elementów przekroju poprzecznego:

$$M = \sum |\sigma_i| A_i |z_i - z_0|$$

- Etap 7 – porównanie momentu  $M$  z odpowiednią wartością odpowiadającą poprzedniej wartości krzywizny.

Jeżeli przyrost  $M$  jest ujemny, a jego wartość bezwzględna jest mniejsza od zadanej miary dokładności obliczeń, to proces obliczeń jest zakończony; przyjmuje się:  $M_{gr} = M$ .

W przeciwnym wypadku zwiększa się  $\chi$  o  $\Delta\chi$  i należy przejść ponownie do etapu 4 obliczeń.



Rys. 2.1.1  
Procedurawyznaczania zależności  $M(\chi)$

### 2.1.2 Założenia do przyrostowo – iteracyjnej metody obliczeń

Stosując procedurę obliczeń wg 2.1.1 należy stosować następujące założenia:

- Moment graniczny jest określony w przekrojach poprzecznych kadłuba pomiędzy sąsiednimi wiązarami poprzecznymi (dna, burty, pokładników).
- Przekroje poprzeczne kadłuba pozostają płaskie przy dowolnej wartości krzywizny  $\chi$ .
- Materiał (stal) odkształca się w zakresie sprężysto–plastycznym.
- Przekrój poprzeczny kadłuba jest podzielony na skończoną liczbę elementów pomiędzy którymi nie ma sprężeń.

Powyższe elementy to:

- panele usztywnione poprzecznie lub usztywnienia wzdłużne, z pasem poszycia, których charakterystyki wytrzymałościowe sformułowano w 2.2.1;
- elementy sztywne (w rejonach połączeń blach nie leżących w tej samej płaszczyźnie), których charakterystyki wytrzymałościowe sformułowano w 2.2.2.
- Moment zginający  $M_i$  w przekroju poprzecznym kadłuba odpowiadający krzywiznie  $\chi_i$  linii ugięcia jest obliczany jako skutek działania naprężeń  $\sigma$  w poszczególnych elementach. Naprężenia  $\sigma$  odpowiadające odkształceniom  $\varepsilon$  zależnym wprost od krzywizny (powiększanej w kolejnych krokach) są wyznaczone na podstawie nieliniowych zależności  $\sigma$ - $\varepsilon$  określonych dla poszczególnych elementów. Zależności te, określone dla różnych form zniszczenia elementu, są podane w 2.2. Wybierana jest najmniejsza wartość  $\sigma$  wynikająca z rozpatrywanych zależności  $\sigma$ - $\varepsilon$ .
- Obliczenia są prowadzone aż do osiągnięcia wartości  $\chi_F$  krzywizny, [1/m], wyznaczonej ze wzoru (dla wygięcia i ugięcia kadłuba);

$$\chi_F = \pm 0,003 \frac{M_y}{EI} \quad (2.1.2-1)$$

gdzie:

$E$  – moduł Younga, [MPa], (dla stali  $E = 206\,000$  MPa);

$I$  – moment bezwładności przekroju poprzecznego kadłuba, [m<sup>4</sup>], wyznaczany wg wymagań B/15.7;

$M_y$  – mniejsza wartość spośród poniższych dwóch:

$$M_{y1} = R_e \cdot W_d \quad (2.1.2-2)$$

$$M_{y2} = R_e \cdot W_p \quad (2.1.2-3)$$

$R_e$  – granica plastyczności, [MPa]

$W_d, W_p$  – wskaźniki wytrzymałości przekroju kadłuba względem dna i pokładu wytrzymałościowego, [m<sup>3</sup>], obliczane wg zasady podanych w B/15.7.

Jeżeli w przedziale  $0 < \chi \leq \chi_F$  nie wystąpi maksimum funkcji  $M(\chi)$ , to obliczenia należy wykonywać dla  $\chi > \chi_F$  – aż do znalezienia maksymalnej wartości  $M$ .

## 2.2 Zależności $\sigma$ - $\varepsilon$

### 2.2.1 Panele poszycia i usztywnienia

Należy uwzględnić formy wyczerpania nośności paneli usztywnionych i usztywnień podane w Tabeli 2.2.1.

Tabela 2.2.1

Element konstrukcji	Forma wyczerpania nośności granicznej	Zależności $\sigma - \varepsilon$
Elementy rozciągane: – panele usztywnione poprzecznie; – usztywnienia lub wiazary wzdłużne	Odształcenia sprężysto – plastyczne	wg 2.2.3
Ściskane usztywnienia lub wiazary wzdłużne	Wyboczenie gięte	wg 2.2.4
	Wyboczenie skrętne	wg 2.2.5
	Lokalne wyboczenie środnika usztywnień/wiazarów z mocnikami	wg 2.2.6
	Wyboczenie płaskowników	wg 2.2.7
Ściskane panele usztywnione poprzecznie	Wyboczenie płyt	wg 2.2.8

### 2.2.2 Nośność elementów sztywnych

Sztywne elementy kadłuba (np. rejonny połączeń blach nie leżących w tej samej płaszczyźnie) wyczerpują nośność głównie w formie płynięcia plastycznego.

Odpowiednie zależności  $\sigma - \varepsilon$  dla elementów rozciąganych lub ściskanych należy określać wg 2.2.3.

### 2.2.3 Odształcenia sprężysto–plastyczne elementów konstrukcji kadłuba

Odształcenia sprężysto–plastyczne w przekrojach poprzecznych kadłuba elementów rozciąganych opisane są następującymi równaniami (patrz także rys. 2.2.3)

$$\sigma = \phi \cdot R_e, \text{ [MPa]} \quad (2.2.3-1)$$

gdzie:

$$\phi = -1 \text{ dla } \varepsilon < -1 \quad (2.2.3-2)$$

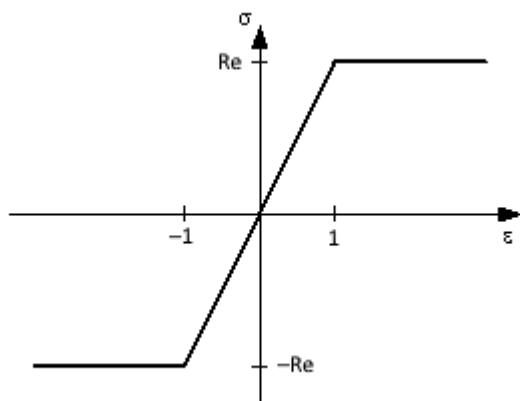
$$\phi = \varepsilon \text{ dla } -1 \leq \varepsilon \leq 1 \quad (2.2.3-3)$$

$$\phi = 1 \text{ dla } \varepsilon \geq 1 \quad (2.2.3-4)$$

$$\varepsilon = \frac{\varepsilon_E}{\varepsilon_y} \quad (2.2.3-5)$$

$\varepsilon_E$  – odkształcenie normalne elementu (wzdłuż osi kadłuba)

$$\varepsilon_y = \frac{R_e}{E} \quad (2.2.3-6)$$



Rys. 2.2.3

Zależność  $\sigma$ - $\varepsilon$  dla odkształceń sprężysto-plastycznych

## 2.2.4 Wyboczenie giętne

Odkształcenia sprężysto-plastyczne  $\sigma_{cr1}$ - $\varepsilon$  usztywnień ściskanych, odpowiadające wyboczeniu w formie giętnej, należy wyznaczać wg równania (patrz także rys. 2.2.4):

$$\sigma_{cr1} = \phi \sigma_{cl} \frac{A_s + 10 b_E t_p}{A_s + 10 s t_p} \quad (2.2.4-1)$$

gdzie:

$\phi$  – funkcja zdefiniowana w 2.2.3;

$\sigma_{cl}$  – naprężenia krytyczne, [MPa]:

$$\sigma_{cl} = \frac{\sigma_{E1}}{\varepsilon} \quad \text{dla } \sigma_{E1} \leq \frac{1}{2} R_e \varepsilon \quad (2.2.4-2)$$

$$\sigma_{cl} = R_e \left( 1 - \frac{\phi R_e \varepsilon}{4 \sigma_{E1}} \right) \quad \text{dla } \sigma_{E1} > \frac{1}{2} R_e \varepsilon \quad (2.2.4-3)$$

$\varepsilon$  – zdefiniowano w 2.2.3;

$\sigma_{E1}$  – teoretyczne naprężenia krytyczne, [MPa]:

$$\sigma_{E1} = \pi^2 E \frac{I_E}{A_E l^2} 10^4 \quad (2.2.4-4)$$

$I_E$  – moment bezwładności przekroju poprzecznego usztywnienia, [cm<sup>4</sup>], wraz z pasem współpracującym poszycia o szerokości  $b_{E1}$  (dla grubości netto);

$b_{E1}$  – szerokość pasa współpracującego poszycia, [m]:

$$b_{E1} = \frac{s}{\beta_E} \quad \text{dla } \beta_E > 1,0 \quad (2.2.4-5)$$

$$b_{E1} = s \quad \text{dla } \beta_E \leq 1,0 \quad (2.2.4-6)$$

$$\beta_E = 10^3 \frac{s}{t_p} \sqrt{\frac{\varepsilon \cdot R_e}{E}} \quad (2.2.4-7)$$

$s$  – odstęp usztywnień, [m];

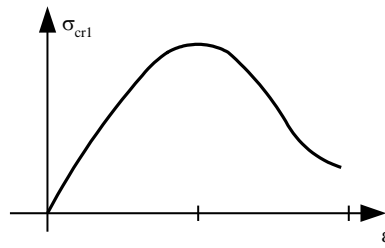
$t_p$  – grubość poszycia (netto), [mm];

$A_E$  – pole przekroju poprzecznego usztywnienia wraz z pasem poszycia o szerokości  $b_E$ , [cm<sup>2</sup>] (dla grubości netto);

$b_E$  – efektywna szerokość pasa poszycia o wartości:

$$b_E = \left( \frac{2,25}{\beta_E} - \frac{1,25}{\beta_E^2} \right) s \quad \text{dla } \beta_E > 1,25 \quad (2.2.4-8)$$

$$b_E = s \quad \text{dla } \beta_E \leq 1,25 \quad (2.2.4-9)$$



Rys. 2.2.4  
Zależność  $\sigma_{cr1}-\varepsilon$  (poglądowa)

### 2.2.5 Wyboczenie skrętne

Odształcenia sprężysto–plastyczne  $\sigma_{cr2}-\varepsilon$  usztywnień ściskanych, odpowiadające wyboczeniu usztywnień w formie skrętnej, należy wyznaczać wg równania (patrz także rys. 2.2.5):

$$\sigma_{cr2} = \phi \frac{A_s \sigma_{c2} + 10st_p \sigma_{cp}}{A_s + 10st_p}, \text{ [MPa]} \quad (2.2.5-1)$$

gdzie:

$\phi$  – funkcja zdefiniowana w 2.2.3

$\sigma_{c2}$  – naprężenia krytyczne:

$$\sigma_{c2} = \frac{\sigma_{E2}}{\varepsilon} \quad \text{dla } \sigma_{E2} \leq \frac{1}{2} R_e \varepsilon \quad (2.2.5-2)$$

$$\sigma_{c2} = R_e \left( 1 + \frac{\phi R_e \varepsilon}{4\sigma_{E2}} \right) \quad \text{dla } \sigma_{E2} > \frac{1}{2} R_e \varepsilon \quad (2.2.5-3)$$

$\sigma_{E2}$  – teoretyczne naprężenia krytyczne, [MPa], obliczane wg B/13.5.3.3;

$\varepsilon$  – zdefiniowano w 2.2.3;

$A_s$  – pole przekroju poprzecznego usztywnienia (netto), [cm<sup>2</sup>];

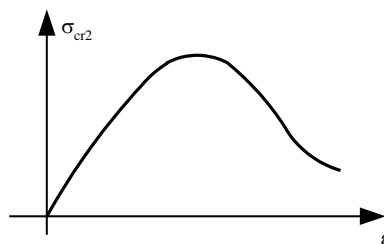
$s, t_p$  – zdefiniowano w 2.2.4;

$\sigma_{cp}$  – naprężenia krytyczne ściskanego poszycia, [MPa]:

$$\sigma_{cp} = \left( \frac{2,25}{\beta_E} - \frac{1,25}{\beta_E^2} \right) \quad \text{dla } \beta_E > 1,25 \quad (2.2.5-4)$$

$$\sigma_{cp} = R_e \quad \text{dla } \beta_E \leq 1,25$$

$\beta_E$  – współczynnik zdefiniowany w 2.2.4.



Rys. 2.2.5 Zależność  $\sigma_{cr2}-\varepsilon$  (poglądowa)



### 2.2.6 Wyboczenie środników usztywnień lub wiązarów posiadających mocniki

Odształcenia sprężysto-plastyczne  $\sigma_{cr3-\varepsilon}$  środników ściskanych usztywnień lub wiązarów posiadających mocniki, związane z lokalnym wyboczeniem środnika, należy wyznaczać wg równania:

$$\sigma_{cr3} = \phi R_e \frac{10^3 b_E t_p + h_{WE} t_w + b_m t_m}{10^3 s t_p + h_w \cdot t_w + b_m \cdot t_m}, [\text{MPa}] \quad (2.2.6-1)$$

gdzie:

$\phi$  – zdefiniowano w 2.2.3;

$b_E, s, t_p$  – zdefiniowano w 2.2.4;

$h_w$  – wysokość środnika, [mm];

$t_w$  – grubość netto środnika, [mm];

$b_m$  – szerokość mocnika, [mm];

$t_m$  – grubość netto mocnika, [mm];

$h_{WE}$  – efektywna wysokość środnika, [mm]:

$$h_{WE} = \left( \frac{2,25}{\beta_w} - \frac{1,25}{\beta_w^2} \right) h_w \quad \text{dla } \beta_w > 1,25 \quad (2.2.6-2)$$

$$h_{WE} = h_w \quad \text{dla } \beta_w \leq 1,25 \quad (2.2.6-3)$$

$$\beta_w = \frac{h_w}{t_w} \sqrt{\frac{\varepsilon R_e}{E}}$$

$\varepsilon$  – zdefiniowano w 2.2.3.

### 2.2.7 Lokalne wyboczenie usztywnień w formie płaskowników

Odształcenia sprężysto-plastyczne  $\sigma_{cr4-\varepsilon}$  odpowiadające lokalnemu wyboczeniu usztywnień w formie płaskowników, należy wyznaczać wg równania (patrz także rys. 2.2.7):

$$\sigma_{cr4} = \phi \frac{10 s t_p \cdot \sigma_{cp} + A_s \cdot \sigma_{c4}}{A_s + 10 s t_p}, [\text{MPa}] \quad (2.2.7-1)$$

gdzie:

$\phi$  – zdefiniowano w 2.2.3;

$s, t_p$  – zdefiniowano w 2.2.4;

$A_s$  – pole przekroju poprzecznego usztywnienia (netto), [cm<sup>2</sup>];

$\sigma_{cp}$  – według 2.2.5;

$\sigma_{c4}$  – naprężenia krytyczne:

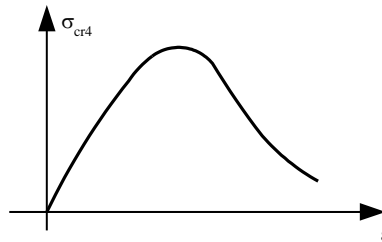
$$\sigma_{c4} = \frac{\sigma_{E4}}{\varepsilon} \quad \text{dla } \sigma_{E4} \leq \frac{1}{2} R_e \varepsilon \quad (2.2.7-2)$$

$$\sigma_{c4} = R_e \left( 1 - \frac{\phi R_e \varepsilon}{4 \sigma_{E4}} \right) \quad \text{dla } \sigma_{E4} > \frac{1}{2} R_e \varepsilon \quad (2.2.7-3)$$

$\sigma_{E4}$  – teoretyczne naprężenia krytyczne, [MPa]:

$$\sigma_{E4} = 160000 \left( \frac{t_w}{h_w} \right)^2 \quad (2.2.7-4)$$

$\varepsilon$  – zdefiniowano w 2.2.3.



Rys. 2.2.7  
Zależność  $\sigma_{cr4}$ – $\varepsilon$  (poglądowa)

### 2.2.8 Wyboczenie poszycia usztywnionego poprzecznie

Odształcenia sprężysto-plastyczne  $\sigma_{cr5}$ – $\varepsilon$  odpowiadające wyboczeniu płyt poszycia usztywnionych poprzecznie należy wyznaczać ze wzoru:

$$\sigma_{cr5} = R_e \left[ \frac{s}{l} \left( \frac{2,25}{\beta_E} - \frac{1,25}{\beta_E^2} \right) + 0,1 \left( 1 - \frac{s}{l} \right) \left( 1 + \frac{1}{\beta_E^2} \right) \right], \quad [\text{MPa}] \quad (2.2.8)$$

gdzie:

$s$  – odstęp usztywnień, [m];

$l$  – długość boku płyty w kierunku poprzecznym (np. równa odstępowi wiązarów wzdłużnych), [m];

$\beta_E$  – zdefiniowano w 2.2.4.

## ZAŁĄCZNIK Z2

### WYMAGANIA KODEKSU BEZPIECZEŃSTWA OKRĘTÓW WOJENNYCH (ANEP 77) WRAZ Z KOMENTARZEM PRS

#### 1 Wymagania ogólne

##### 1.1 Wstęp

**1.1.1** Niniejszy załącznik zawiera zwięzłe informacje na temat standardu NATO „Naval Ship Code – ANEP 77”, w zakresie dotyczącym kadłubów okrętów oraz sposób uwzględnienia tych wymagań przez niniejsze przepisy PRS.

**1.1.2** Standard NATO (NSC) należy traktować jako wytyczne określające zakres i treść szczegółowych wymagań technicznych dotyczących okrętów, które zazwyczaj zawarte są w przepisach klasyfikacyjnych dla okrętów.

#### 2 Komentarz na temat szczegółowych wymagań kodeksu NSC

##### 2.1 Zasady ogólne

**2.1.1** W punktach 2.2.1 do 2.2.8 przytoczono wybrane zapisy/wymagania Kodeksu NSC dotyczące kadłubów okrętów oraz, w niektórych miejscach, wyjaśniono sposób uwzględnienia tych wymagań przez niniejsze *Przepisy PRS*.

##### 2.2 Kryteria Kodeksu NSC dotyczące kadłubów okrętów (poziom 3)

###### 2.2.1 Cel (Reg. 0 w r. II Kodeksu NSC)

**2.2.1.1** Kadłub okrętu powinien być zaprojektowany, zbudowany i eksploatowany w taki sposób, aby:

- a) zachowywać wodoszczelność/strugoszczelność;
- b) wytrzymywać wszelkie przewidziane obciążenia;
- c) zapewniać bezpieczne przebywanie/służbę ludzi przebywających na okręcie;
- d) chronić ludzi pływających na okręcie i zapewniać funkcjonowanie systemów zapewniających bezpieczeństwo we wszelkich przewidywalnych sytuacjach zagrożeń – aż do zgromadzenia się ludzi w miejscach uznanych za bezpieczne lub do chwili ustania zagrożenia;
- e) zminimalizować ryzyko utraty okrętu.

###### 2.2.2 Wymagania ogólne (Reg. 1 w r. II Kodeksu NSC)

**2.2.2.1** Rozdział II – Kadłub Kodeksu NSC należy traktować jako „standard określający wybór standardów”, a nie standard, który można bezpośrednio zastosować w biurze projektowym lub stoczni budującej lub naprawiającej okręt. Głównym adresatem kodu jest więc Administracja i uznane przez nią instytucje.

**2.2.2.2** Dodatkowo w stosunku do ogólnych wymagań Kodeksu NSC, w procesach projektowania, budowy i eksploatacji kadłuba okrętu należy spełnić wymagania przepisów i procedur towarzystwa klasyfikacyjnego uznanych przez Administrację jako spełniających cele kodu lub wymagania standardów Administracji uznanych jako zapewniające równoważny poziom bezpieczeństwa.

*Komentarz PRS: PRS posiada odpowiednie przepisy klasyfikacyjne, specjalistów i procedury, aby nadzorować proces projektowania, budowy i eksploatacji typowych okrętów wypornościowych.*

*PRS spełnia odpowiednie wymagania, aby pełnić rolę uznanej instytucji przez Administrację.*



**2.2.2.3** Wymagania niniejszego rozdziału kodu dotyczą kadłubów okrętów, ale nie ograniczają się one do:

- samej konstrukcji kadłuba; stosują się one także do innych konstrukcji koniecznych do spełnienia celu określonego w niniejszym rozdziale II Kodeksu NSC;
- okrętu utrzymywanego na wodzie przez siłę wyporu; stosują się one także do okrętów opartych na brzegu lub dnie akwenu (np. okręty desantowe);
- problemów wytrzymałości, gdzie „wytrzymałość” jest utożsamiana z utratą zdolności do przejmowania obciążeń; konstrukcja nie może stwarzać innych zagrożeń (np. wskutek ostrych krawędzi), a jej postać może wynikać z kryteriów sztywności (np. wygięcia wynikające z nieosiowości ściskanych elementów, odkształcenia masztów).

### **2.2.3 Założenia techniczno-taktyczne (Reg. 2 w r. II Kodeksu NSC)**

**2.2.3.1** Założenia Zamawiającego dotyczące użytkowania i utrzymywania okrętu w zakładanym okresie eksploatacji powinny być uzgodnione z Administracją i Uznaną Instytucją, jeżeli taka jest zaangażowana.

*Komentarz PRS: PRS może pełnić rolę Uznanej Instytucji i uczestniczyć w formułowaniu założeń dotyczących okrętu i szczegółowych wymagań dotyczących konstrukcji kadłuba.*

**2.2.3.2** Zakres wymaganych uzgodnień jest określony w założeniach techniczno-taktycznych. Należy określić różne rodzaje zagrożeń, specyfikę przeglądów okrętu i utrzymywania jego sprawności.

W szczególności należy zdefiniować następujące zagrożenia związane z kadłubem okrętu:

- zagrożenie spowodowane działaniem środowiska naturalnego;
- zagrożenie od środowiska stworzonego przez człowieka (użytkowanie okrętu, wypadki i wykroczenia);
- zagrożenie od środowiska związanego z samym okrętem. W szczególności:
  - a) zagrożenia od ładunku i wyposażenia okrętu (ładunek, uzbrojenie) z uwzględnieniem drgań i oddziaływania korozyjnego, cieczy;
  - b) zagrożenia od zewnątrz okrętu (np. obciążenia od zatopienia przedziału okrętu);
  - c) zagrożenie związane z konstrukcją kadłuba;
  - d) pożar;
  - e) zagrożenie od działalności ludzi przebywających na okręcie (wypadki, wykroczenia);
- procedury przeglądów i utrzymania okrętu.

**2.2.3.3** Za sformułowanie i udokumentowanie założeń techniczno-taktycznych odpowiada Zamawiający.

*Komentarz PRS: zastosowanie wymagań przepisów klasyfikacyjnych PRS do konkretnego projektu okrętu będzie uwzględniało wymagania wynikające z założeń techniczno-taktycznych.*

**2.2.3.4** Administracja może sformułować dodatkowe wymagania w sytuacji gdy uzna, że założenia techniczno-taktyczne są zbyt wymagające lub niespójne z wymaganiami SOLAS dla statków podobnych do przedmiotowego okrętu.

*Komentarz PRS: wymagania dodatkowe powinny być jednoznacznie sformułowane w umowie na klasyfikację okrętu i uwzględnione w procesie klasyfikacji okrętu.*

### **2.2.4 Konstrukcja kadłuba okrętu (Reg. 3 w r. II Kodeksu NSC)**

**2.2.4.1** Konstrukcja kadłuba powinna spełniać wymagania celu niniejszego rozdziału Kodeksu NSC.

**2.2.4.2** W niniejszym rozdziale kodeksu sformułowano wymagania dotyczące oddziaływań na konstrukcję i jej odporność na nie w racjonalny sposób, stosując koncepcję stanów granicznych. Zastosowanie koncepcji stanów granicznych nie jest jednak obowiązkowe. Spełnienie wymagań niniejszego rozdziału kodu polega na doborze i wdrożeniu odpowiednich standardów pozwalających zwerfikować spełnienie celu.

*Komentarz PRS: wymagania przepisów klasyfikacyjnych PRS wykorzystują klasyczną koncepcję naprężeń dopuszczalnych w zagadnieniach uplastycznienia materiału lub wyboczenia elementów konstrukcji. Jedynie zagadnienie nośności granicznej w warunkach zginania ogólnego kadłuba okrętu sformułowano metodą wykorzystującą tzw. cząstkowe współczynniki bezpieczeństwa.*

**2.2.4.3** Konstrukcja kadłuba powinna efektywnie spełniać cel określony w niniejszym rozdziale, w całym planowanym okresie eksploatacji okrętu.

*Komentarz PRS: wymagania przepisów klasyfikacyjnych PRS uwzględniają ekstremalne obciążenia środowiskowe, które w ciągu zakładanego okresu eksploatacji okrętu (25 lat) występują z prawdopodobieństwem  $10^{-8}$ .*

**2.2.4.4** Należy spełnić następujące warunki, aby eksploatacja okrętu była bezpieczna:

Wytrzymałość konstrukcji (zdolność do przenoszenia obciążeń)  $\geq$  Obciążenie  $\times$  Współczynnik bezpieczeństwa (cząstkowy)

Termin „wytrzymałość konstrukcji” należy rozumieć jako:

Wytrzymałość konstrukcji = Stan graniczny / Współczynnik bezpieczeństwa (cząstkowy).

*Komentarz PRS: patrz komentarz PRS do p. 2.2.4.2.*

**2.2.4.5** W przypadku oceny bezpieczeństwa okrętu uszkodzonego zalecane jest (ale nie jest to obowiązkowe) stosować osobne (cząstkowe) współczynniki bezpieczeństwa do wytrzymałości i obciążenia konstrukcji – aby prawidłowo uwzględnić czynniki niezwiązane bezpośrednio z konstrukcją kadłuba okrętu.

*Komentarz PRS: wymagania przepisów klasyfikacyjnych PRS dotyczące uszkodzonego kadłuba okrętu sformułowano w rozdziale C/6. Są to wymagania minimalne. Zamawiający może sformułować przedmiotowe wymagania w formie bardziej wymagającej.*

**2.2.4.6** Zastosowanie metody stanów granicznych nie jest obowiązkowe. Dopuszczalne jest zastosowanie metody „naprężeń dopuszczalnych”, która może być uważana za szczególny przypadek metody stanów granicznych, gdzie cząstkowe współczynniki bezpieczeństwa zostały zgrupowane i zastąpione klasycznym współczynnikiem bezpieczeństwa.

Niezależnie od sposobu sformułowania wymagane jest spełnienie ogólnych wymagań niniejszego kodu, dotyczących wytrzymałości konstrukcji.

*Komentarz PRS: patrz komentarz PRS do p. 2.2.4.2.*

**2.2.4.7** Wg wymagań niniejszego rozdziału konstrukcja kadłuba powinna być wystarczająco bezpieczna po doznaniu określonych uszkodzeń. Odpowiedni poziom bezpieczeństwa powinien być zabezpieczony poprzez zastosowanie odpowiednich zabezpieczeń lub zapewnienie redystrybucji obciążeń.

Konieczne jest spełnienie wymagań d) i e) z punktu 2.2.1.1

Niespełnienie wymagań a) do c) z punktu 2.2.1.1 jest dopuszczalne z odpowiednio małym prawdopodobieństwem potwierdzonym analizą stanów granicznych albo wymaganiami przepisów dla statków, uzasadnionym doświadczeniem z eksploatacji statków.

*Komentarz PRS: w przepisach klasyfikacyjnych PRS występuje wiele wymagań dotyczących konstrukcji kadłuba, maszyn i urządzeń oraz instalacji związanych z wymaganiami d) z punktu 2.2.1.1.*

*W rozdziale C/2 podano zalecenia konstrukcyjne zwiększające nośność graniczną w warunkach zginania ogólnego uszkodzonego kadłuba okrętu.*

#### Uwzględnienie procesu budowy i napraw

**2.2.4.8** Należy uwzględnić stosowane metody produkcyjne i technologiczne stoczni budującej okręt oraz u dostawców i firm kooperacyjnych.

*Komentarz PRS: wg wymagań PRS stocznia i firmy z nią współpracujące powinny być uznane przez PRS w zakresie technologii/procesów produkcyjnych stosowanych przy budowie okrętu.*

#### Ocena konstrukcji – wymagania ogólne

**2.2.4.9** Dodatkowo w stosunku do standardowych wymagań dotyczących okrętu danego typu należy uwzględnić wpływ założeń techniczno-taktycznych (obciążeń) na wytrzymałość/nośność graniczną kadłuba okrętu.

*Komentarz PRS: w procesie klasyfikacji okrętu PRS sprawdza, czy konstrukcja kadłuba jest odpowiednia, aby spełniać wymagania wynikające z założeń techniczno-taktycznych.*

**2.2.4.10** Rozważając szczegółowy sposób uwzględnienia danego założenia należy uwzględnić prawdopodobieństwo jego wystąpienia i możliwe skutki. Należy także uwzględnić odpowiednio wiele obciążeń, które mogą działać jednocześnie.

*Komentarz PRS: wymagania przepisów PRS uwzględniają wymagania określone wyżej. Obciążenia związane z militarnymi funkcjami okrętu zdefiniowano w części C przepisów.*

**2.2.4.11** Formułując wymagania dotyczące konstrukcji kadłuba okrętu należy rozważyć ograniczenia wynikające z aktualnego stanu wiedzy na temat konstrukcji.

**2.2.4.12** Wymagania kodeksu dotyczące bezpieczeństwa kadłuba są podzielone na dwie kategorie:

- dotyczące sytuacji normalnych;
- dotyczące warunków awaryjnych.

*Komentarz PRS: wymagania przepisów PRS spełniają powyższe warunki. Uwzględniają one standardowe uszkodzenia kadłuba (patrz p. C/6).*

*Inne stany uszkodzeń kadłuba mogą być uwzględnione na życzenie Administracji.*

#### Ocena konstrukcji w normalnych warunkach eksploatacji przy oddziaływaniach środowiskowych

**2.2.4.13** Przy ocenie wytrzymałości konstrukcji kadłuba okrętu należy uwzględnić przynajmniej następujące oddziaływania:

- powyżej powierzchni morza: wiatr, temperatura (niska i wysoka), oblodzenie, promieniowanie słoneczne;
- w pobliżu powierzchni morza i niżej: woda (z uwzględnieniem falowania), obciążenie od lodu (w przypadku okrętów ze wzmocnieniami lodowymi).

**2.2.4.14** Wytrzymałość kadłuba powinna być taka, aby nie wystąpiły jakiegokolwiek uszkodzenia. Należy spełnić w całości wymagania a ÷ d p. 2.2.1.1.

*Komentarz PRS: PRS oceni bezpieczeństwo krytycznych węzłów konstrukcji kadłuba i, w razie potrzeby, określi ograniczenia eksploatacyjne pozwalające uniknąć uszkodzeń.*

### Ocena konstrukcji w normalnych warunkach eksploatacji przy oddziaływaniach, o których decydują ludzie

**2.2.4.15** Przy ocenie wytrzymałości konstrukcji kadłuba okrętu należy uwzględniać przynajmniej następujące oddziaływania:

- obciążenia od kotwiczenia, cumowania, holowania oraz osiadania na plaży lub dnie akwenu (w normalnych warunkach eksploatacyjnych);
- obciążenia, o których decyduje człowiek:
  - obciążenie od ciężaru własnego i balastu stałego;
  - obciążenia funkcjonalne od ładunku, paliwa, balastu wodnego, zapasów i wyposażenia okrętu.

*Komentarz PRS: obciążenia obliczeniowe uwzględnione w przepisach PRS uwzględniają powyższe wymagania.*

**2.2.4.16** Wytrzymałość kadłuba powinna być taka, aby nie wystąpiły jakiegokolwiek uszkodzenia. Należy spełnić w całości wymagania a ÷ d p. 2.2.1.1.

### Ocena konstrukcji w normalnych warunkach eksploatacji z uwzględnieniem ograniczeń wynikających z wytrzymałości

**2.2.4.17** W przypadku zbyt małej wytrzymałości konstrukcji można zastosować pewne ograniczenia dotyczące jej eksploatacji. Ograniczenia takie powinny być spójne z założeniami Zamawiającego, zapisanymi w założeniach techniczno-taktycznych. Ograniczenia te należy także zapisać w Instrukcji Eksploatacji Okrętu, w formie zrozumiałej przez załogę okrętu.

*Komentarz PRS: przepisy PRS przewidują możliwość ograniczenia rejonu eksploatacji okrętu z odpowiednim zapisem w świadectwie klasy (patrz p. B/15.2 i B/17.2).*

**2.2.4.18** Obowiązkowe jest zapewnienie odpowiedniej wytrzymałości konstrukcji okrętu, aby możliwe było jego holowanie w warunkach awarii, od strony dziobu lub rufy.

**2.2.4.19** Wytrzymałość konstrukcji powinna być taka, aby nie wystąpiły jakiegokolwiek uszkodzenia. Należy spełnić w całości wymagania a ÷ d p. 2.2.1.1.

*Komentarz PRS: powyższe wymaganie kodu jest spójne z założeniami przyjętymi w wymaganiach przepisów klasyfikacyjnych PRS.*

### Ocena konstrukcji w normalnych warunkach eksploatacji z uwzględnieniem oddziaływań niemierzalnych

**2.2.4.20** Niemierzalne oddziaływania na konstrukcję należy uwzględnić poprzez zapewnienie odpowiedniej jej wytrzymałości bazując na doświadczeniach z zadowalającej eksploatacji okrętów podobnego typu, w podobnych warunkach.

**2.2.4.21** Należy przynajmniej zapewnić odpowiednią wytrzymałość konstrukcji okrętu podlegającego następującym oddziaływaniom, które nie są bezpośrednio określone:

- obciążenia w trakcie operacji ładunkowych i operowania wyposażeniem okrętu;
- cumowanie okrętu;
- efekt związany z brakiem ciągłości elementów konstrukcji;
- oddziaływanie środowiska powodujące korozję i erozję konstrukcji.

**2.2.4.22** Dopuszczalne jest wystąpienie w konstrukcji niewielkich uszkodzeń, ale należy spełnić w całości wymagania a ÷ e p. 2.2.1.1.



*Komentarz PRS: Interpretacja pojęcia „niewielkie uszkodzenie” powinna być uzgodniona pomiędzy Administracją i stocznią na etapie projektowania okrętu.*

#### Ocena konstrukcji w normalnych warunkach eksploatacji z uwzględnieniem podziału przestrzennego i dostępu do konstrukcji

**2.2.4.23** Konstrukcja okrętu powinna być zaprojektowana tak, aby ludzie przebywający na okręcie mogli bezpiecznie wypełniać swoje normalne obowiązki, a inne obowiązki – tak bezpiecznie, jak jest to rozsądnie uzasadnione – we wszelkich przewidywanych warunkach.

W szczególności:

- a) należy ograniczyć do minimum konieczność zastosowania specjalnego wyposażenia lub rozwiązań układu przestrzeni okrętu, aby umożliwić bezpieczne wypełnianie obowiązków przez ludzi przebywających na okręcie (uwzględniając inspektorów i personel lądowy);
- b) należy ocenić celowość zastosowania specjalnych rozwiązań stosowanych w celu przeglądu konstrukcji;
- c) należy ocenić celowość zastosowania rozwiązań konstrukcyjnych uznanych za wymagające specjalnej uwagi, aby spełnić cele sformułowane w innych częściach Kodeksu NSC.

**2.2.4.24** Należy zapewnić odpowiednią wytrzymałość konstrukcji. Wymagania a ÷ e p. 2.2.1.1 powinny być spełnione w całości.

#### Ocena konstrukcji w normalnych warunkach eksploatacji – pomijane oddziaływania i odzew na nie

**2.2.4.25** Odzew kadłuba na niektóre wymuszenia jest pomijany. Okręt może podlegać wymuszeniom o stosunkowo małych wartościach amplitud; odzew kadłuba na takie wymuszenia jest nieznaający i można uznać bez szczegółowych obliczeń, że wytrzymałość konstrukcji jest wystarczająca. Dotyczy to np. drgań wymuszonych przez urządzenia maszynowe w kadłubach stosunkowo powolnych okrętów o masywnej konstrukcji, obciążen od ciężaru ludzi przemieszczających się po okręcie, itp.

*Komentarz PRS: pomijanie niektórych wymuszeń, jak określono to wyżej, jest stosowane przez PRS jedynie w stosunku do mniej odpowiedzialnych fragmentów konstrukcji kadłuba, które nie mają wpływu na wytrzymałość ogólną okrętu.*

*Takie fragmenty konstrukcji są określone w wyniku analizy projektu klasyfikacyjnego okrętu.*

**2.2.4.26** Wytrzymałość konstrukcji: nie jest wymagane formalne uzasadnienie wystarczającej wytrzymałości konstrukcji podlegającej pomijanym wymuszeniom.

#### Ocena konstrukcji z uwzględnieniem scenariuszy z przewidywalnymi uszkodzeniami

**2.2.4.27** Należy przynajmniej ocenić wytrzymałość kadłuba okrętu podlegającego następującym hipotetycznym zdarzeniom/wymuszeniom, których należy unikać w praktyce, ale możliwość ich wystąpienia nie może być ignorowana opracowując projekt okrętu:

- błędy w nawigacji (wejście na mieliznę, zatopienie części okrętu, kolizja);
- pożary, wybuchy;
- nieprawidłowa eksploatacja/operowanie okrętem;
- uszkodzenia pojedynczego elementu konstrukcji.

*Komentarz PRS: hipotetyczne uszkodzenia istotnie zależą od typu i wielkości okrętu, założeń techniczno-taktycznych, rejonu eksploatacji i planowanego składu załogi okrętu.*

*Szczegółowy sposób uwzględnienia w projekcie okrętu wymienionych wyżej zdarzeń powinien być uzgodniony z Administracją lub wykazany w analizie ryzyka.*

**2.2.4.28** Wytrzymałość konstrukcji. Konstrukcja okrętu może ulec uszkodzeniom wymagającym trudnych do przewidzenia działań naprawczych. Wymagania a ÷ c z p. 2.2.1.1 nie muszą być w pełni spełnione, ale wymagania d i e należy bezwzględnie spełnić.

*Komentarz PRS: działania naprawcze po uszkodzeniu konstrukcji należą do obowiązków załogi i Administracji. PRS może sugerować sposób naprawy w ramach działalności swojego zespołu doradczego – jeżeli taki został powołany wskutek odpowiedniego porozumienia z Zamawiającym.*

#### Ocena konstrukcji z uwzględnieniem scenariuszy ekstremalnych zagrożeń

**2.2.4.29** Należy przynajmniej ocenić wytrzymałość konstrukcji kadłubów okrętów podlegających następującym oddziaływaniom:

– oddziaływania wymagane przez Zamawiającego, uzgodnione z Administracją.

**2.2.4.30** Wytrzymałość konstrukcji. Konstrukcja kadłuba może ulegać uszkodzeniom wymagającym trudnych do przewidzenia działań naprawczych. Wymagania a ÷ c z p. 2.2.1.1 nie muszą być w pełni spełnione, ale wymagania d i e należy bezwzględnie spełnić.

*Komentarz PRS: zalecenia konstrukcyjne podane w rozdziale C/2 przyczyniają się do wydłużenia procesu tonięcia ekstremalnie uszkodzonego okrętu – aby zwiększyć szanse ludzi przebywających na okręcie i jego załogi na ewakuację z zastosowaniem środków ratunkowych, w wystarczająco długim przedziale czasu.*

#### Ocena konstrukcji z uwzględnieniem wszelkich scenariuszy uszkodzeń i w związku z podziałem przestrzennym i rozplanowaniem okrętu oraz dostępem do przestrzeni w okręcie

**2.2.4.31** Konstrukcja kadłuba powinna być zaprojektowana tak, aby umożliwić osobom przebywającym na okręcie odpowiednio reagować w sytuacji uszkodzeń konstrukcji, tzn. aby zapewnić racjonalny poziom bezpieczeństwa.

**2.2.4.32** Wszelkie rozwiązania konstrukcyjne uznane jako wymagające specjalnego rozpatrzenia, aby spełnić cele innych części Kodeksu NSC, powinny być przeanalizowane.

**2.2.4.33** Należy ocenić wytrzymałość/bezpieczeństwo konstrukcji. Wymagania a ÷ c z p. 2.2.1.1 nie muszą być w pełni spełnione, ale wymagania d i e należy bezwzględnie spełnić.

*Komentarz PRS: wymagania p. 2.2.4.31 do 2.2.4.33 Kodeksu NSC są spójne z celem wymagań przepisów klasyfikacyjnych PRS (patrz także komentarz PRS poniżej p. 2.2.4.30).*

#### Ocena konstrukcji z uwzględnieniem wszelkich scenariuszy uszkodzeń – pomijane oddziaływania i odzew na nie

**2.2.4.34** Oddziaływania pomijane. Dopuszczalne jest zaistnienie poważnych uszkodzeń kadłuba, ale prawdopodobieństwo takiego zdarzenia powinno być tak małe, że zagrożenie bezpieczeństwa ludzi przebywających na okręcie jest akceptowalne – nawet gdy dane oddziaływanie nie jest uwzględnione. W takich sytuacjach nie jest wymagana ilościowa ocena oddziaływania (może być jednak wymagane udowodnienie, że prawdopodobieństwo takiego oddziaływania jest tak małe, że jego pominięcie jest uzasadnione).

**2.2.4.35** Wytrzymałość konstrukcji. Nie jest wymagane wykonanie oceny wytrzymałości konstrukcji podlegającej oddziaływaniom pomijanym.

## 2.2.5 Proces budowy okrętu (Reg. 4 w r. II Kodeksu NSC)

**2.2.5.1** Jakość wykonania konstrukcji powinna być odpowiednia do wymagań/kryteriów stosowanych w jej projektowaniu, zapewniających osiągnięcie celu niniejszego rozdziału kodu.

### Jakość materiałów i wykonania konstrukcji

**2.2.5.2** Standard stosowany w procesie projektowania konstrukcji zakłada odpowiednią jakość procesu budowy, przebudowy lub napraw.

Konstrukcja kadłuba okrętu powinna:

- być budowana lub naprawiana wg określonego standardu jakości;
- nadzorowania w celu spełnienia wymagań powyższego standardu.

*Komentarz PRS: towarzystwo klasyfikacyjne formuluje wymagania, które ma spełniać stocznia budująca okręt, firmy współpracujące ze stoczną i wytwórcy materiałów/wyposażenia. Zakłada się odpowiednie wyposażenie stoczni i kwalifikacje personelu. Powyższe firmy powinny być formalnie uznane przez PRS w zakresie działalności stosowanej przy budowie okrętu.*

*Warsztaty produkcyjne i magazyny oraz ich wyposażenie powinny spełniać także wymagania bezpieczeństwa określone przez odpowiednie urzędy państwowe lub inne instytucje.*

**2.2.5.3** Firmy zaangażowane w proces budowy okrętu powinny być zdolne do prowadzenia budowy (i wykazania, że jakość konstrukcji jest odpowiednia) okrętu i zachowania przynajmniej:

- typowych stoczniowych standardów jakości, powszechnie akceptowanych;
- bardziej wymagających standardów, wynikających ze specyfiki konstrukcji.

*Komentarz PRS: PRS wymaga, aby w stoczni był wdrożony system jakości spełniający wymagania ISO 9001 lub równoważne.*

**2.2.5.4** Jakość wykonania konstrukcji i stosowanych procesów technologicznych powinna być akceptowana przez Administrację.

Powinno być przy tym stosowane certyfikowanie/akredytowanie wyposażenia, a zaangażowane osoby powinny mieć wystarczające doświadczenie.

**2.2.5.5** Powinien być opracowany plan nadzoru nad budową okrętu, uwzględniający jego typ i specyfikę konstrukcji.

Plan nadzoru powinien określać zestaw wymagań, które określają zakres przeglądów konstrukcji, ze wskazaniem rejonów wymagających szczególnej uwagi – aby zapewnić jakość konstrukcji spełniającą obowiązujące standardy.

*Komentarz PRS: nadzory wykonywane standardowo przez inspektorów towarzystwa klasyfikacyjnego zapewniają spełnienie powyższych wymagań.*

## 2.2.6 Okręty w eksploatacji (Reg. 5 w r. II Kodeksu NSC)

**2.2.6.1** Okręt powinien być eksploatowany tak, aby osiągnąć cele niniejszego rozdziału Kodeksu NSC, tzn. w sposób odpowiedni do zastosowanych rozwiązań konstrukcyjnych i materiałów.

Materiały zachowują przy tym cechy pozwalające osiągnąć cel niniejszego rozdziału kodu.

*Komentarz PRS: Towarzystwo klasyfikacyjne może wpływać na eksploatację okrętu w wyniku okresowych przeglądów lub innych zadań z upoważnienia Administracji.*

**2.2.6.2** Przyjęta koncepcja przeglądów, utrzymania i remontów konstrukcji powinna uwzględniać wszelkie etapy eksploatacji okrętu, a wszelkie ograniczenia dotyczące konstrukcji, związane z koncepcją remontów/napraw, powinny być zidentyfikowane (np. pewne naprawy wykonywane w trakcie operacji bojowych mogą być zakładane).

*Komentarz PRS: koncepcja określona wyżej jest tradycyjnie stosowana do przeglądów statków klasyfikowanych przez PRS.*

**2.2.6.3** Jeżeli Administracja nie zakłada inaczej, to okręt powinien zachować sprawność w warunkach pływania, osiadania na gruncie (np. okręty desantowe, poduszkowce) i dokowania, gdy spełnione są wszystkie wymienione niżej warunki:

- okręt jest dowodzony przez oficera dyżurnego;
- załoga jest na okręcie;
- okręt ma być gotowy do działania na morzu po czasie nie dłuższym niż 72 godziny od chwili podjęcia odpowiedniej decyzji;
- nie są prowadzone takie prace remontowe, że niemożliwe jest wyjście okrętu w morze.

*Komentarz PRS: powyższe kwestie są w gestii Administracji.*

**2.2.6.4** Eksploatacja okrętu: okręt powinien być wyposażony w instrukcję eksploatacji stosowaną do zastosowanych rozwiązań konstrukcyjnych, napisaną w zrozumiałej formie.

Jeżeli to możliwe, to instrukcja powinna być tak sformułowana, że łatwo jest zrozumieć zwiększone ryzyko i możliwość wyczerpania nośności konstrukcji w sytuacjach, gdy warunki eksploatacji wykraczają poza warunki normalne. Normalne warunki eksploatacji są określone przez projektanta okrętu i zatwierdzone przez Administrację lub uznaną instytucję.

*Komentarz PRS: w celu zapewnienia sprawnego przebiegu przeglądu konstrukcji (m.in. po wystąpieniu uszkodzeń) lub zaplanowania nietypowych operacji w eksploatacji okrętu zalecane jest, aby na okręcie były przechowywane następujące dokumenty:*

- świadectwo klasy;
- sprawozdania z przeglądów przeprowadzonych w przeszłości;
- aktualna wersja Informacji o stateczności i wytrzymałości okrętu;
- opis systemu zapobiegania korozji konstrukcji;
- zatwierdzone rysunki konstrukcyjne i podobne dokumenty;
- wykaz istotnych procedur testowania i monitorowania stanu konstrukcji;
- instrukcja eksploatacji i utrzymania stanu technicznego konstrukcji.

**2.2.6.5** Przeglądy: okręt powinien być przeglądany zgodnie z wymaganiami rozdziału I Kodeksu NSC, a wszelkie naprawy lub modyfikacje konstrukcji powinny uzyskać akceptację Administracji. Przeglądy konstrukcji są wymagane z następujących powodów:

- aby upewnić się, że degradacja konstrukcji, która zawsze ma miejsce, stosownie do typu okrętu i zastosowanych materiałów, nie osiągnęła jeszcze poziomu nadmiernie osłabiającego konstrukcję (np. korozja);
- aby zidentyfikować uszkodzenia mogące powstać w specyficznych warunkach (np. w czasie postoju w porcie) i które nie zostały zauważone przez załogę.

*Komentarz PRS: okręty klasyfikowane przez PRS podlegają przeglądom okresowym (rocznym, pośrednim i dla odnowienia klasy).*

**2.2.6.6** Modyfikacja lub naprawa konstrukcji: Administracja powinna w zasadzie wymagać zachowania standardów modyfikacji/napraw konstrukcji okrętów w eksploatacji, takich jak standardy budowy nowych okrętów. W sytuacji wystąpienia defektów wskutek błędów konstrukcyjnych lub w procesie budowy okrętu Armator powinien podjąć odpowiednie działania prowadzące do poprawy wytrzymałości konstrukcji.

**2.2.6.7** Administracja powinna upewnić się, że materiały zastosowane na konstrukcję i instrukcja eksploatacji okrętu są zgodne z zamierzeniami projektanta.

W przypadku zmiany założeń techniczno-taktycznych okręt nie powinien być eksploatowany stosownie do tych założeń aż do czasu zakończenia procesu certyfikacji i uzgodnień z Administracją.

**2.2.6.8** Administracja powinna wymusić zastosowanie takich samych lub przynajmniej równoważnych standardów prac/modyfikacji/napraw okrętu w fazie eksploatacji, jak standardy, które były stosowane w przypadku nowego okrętu.

*Komentarz PRS: zagadnienia wymienione w punktach 2.2.6.6 do 2.2.6.8 dotyczą działalności Administracji. PRS może współpracować z Administracją w tych kwestiach poprzez zatwierdzanie dokumentacji i przeglądy konstrukcji.*

## **2.2.7 Kasacja okrętu**

**2.2.7.1** Okręty powinny być konstruowane i budowane z materiałów, które można poddawać recyklingowi bezpiecznemu dla środowiska naturalnego, zapewniających przy tym wystarczający poziom bezpieczeństwa i efektywność konstrukcji. Recykling powinien być prowadzony w miejscach stosujących odpowiednie technologie i standardy ochrony środowiska naturalnego.

**2.2.7.2** W miarę możliwości należy stosować Zalecenia IMO dotyczące recyklingu statków, zawarte w Rezolucji IMO A.962(23) z dn. 5.12.2003 (patrz też *Publikacja Informacyjna PRS Nr 33/I – Recykling statków*).

## **2.2.8 Materiały (Reg. 7 w r. II Kodeksu NSC)**

**2.2.8.1** Właściwości materiałów powinny być wyczerpująco scharakteryzowane w stanie zastosowanym na okręcie, aby była pewność, że mają one cechy zgodne z założeniami projektowanymi, w środowisku, w którym jest eksploatowany okręt.

*Komentarz PRS: wymagania dotyczące materiałów stosowanych na kadłuby okrętów podano w rozdziale A/2 niniejszych przepisów oraz w części IX – Materiały i spawanie Przepisów klasyfikacji i budowy statków morskich.*

**2.2.8.2** Kodeks NSC dotyczy okrętów, których kadłuby są budowane ze stali, stopów aluminium lub laminatów poliestrowo-szkłanych. Konstrukcje budowane z zastosowaniem innych materiałów mogą wymagać odrębnego rozpatrzenia.

*Komentarz PRS: niniejsze Przepisy PRS dotyczą kadłubów okrętów budowanych ze stali lub z aluminium.*

*Zastosowanie laminatów na konstrukcję okrętów będzie rozpatrywane przez PRS z wykorzystaniem przepisów dla jachtów i dla statków pasażerskich.*

**2.2.8.3** Nie należy stosować materiałów lub kombinacji materiałów, które stosowane w danej konstrukcji i w zakładanych warunkach eksploatacyjnych lub w sytuacjach awaryjnych, stwarzają zagrożenie dla ludzi przebywających na okręcie lub utrudniają ewakuację.

Jako przykłady można podać utratę właściwości mechanicznych (wytrzymałość, sprężystość, pełzanie), wystąpienie nadmiernych odkształceń (rozszerzalność temperaturowa), wystąpienie dymu lub toksycznych gazów w warunkach absorpcji promieniowania słonecznego, wysokich temperatur generowanych w maszynowniach lub pożaru.

*Komentarz PRS: wymagania przepisów PRS dla okrętów wojennych i statków morskich zapewniają spełnienie powyższych wymagań.*

**2.2.8.4** Szczególnie ostrożnie należy stosować materiały, które niekorzystnie zmieniają swoje parametry w zakładanych warunkach eksploatacyjnych, gdy występują podwyższone temperatury (np. aluminium w warunkach pożaru) oraz materiały palne, laminaty poliestrowo-szklane (w tym stosowane na konstrukcje przekładkowe), palne izolacje konstrukcji, kanałów i rurociągów oraz wkładziny i farby.

*Komentarz PRS: powyższe sytuacje są uwzględnione w części V Przepisów PRS dla okrętów wojennych.*

**2.2.8.5** Administracja powinna upewnić się, że stosowane procesy i procedury wytwórcze są spójne z założeniami stosowanymi przy zatwierdzeniu projektu konstrukcji.

W tym celu należy przeprowadzić odpowiednie audyty/kontrole wytworzonych konstrukcji.

Przeprowadzenie tylko audytów zarządzania procesami wytwórczymi nie jest wystarczające.

*Komentarz PRS: PRS, po oficjalnym uznaniu przez Administrację, może nadzorować proces budowy/modernizacji okrętów poprzez zatwierdzenie projektu, nadzór nad wytwarzaniem wyposażenia okrętu i budowy okrętu w stoczni oraz nadzór nad próbami morskimi.*

**2.2.8.6** Zabronione jest stosowanie materiałów zawierających azbest w procesie budowy okrętów nowych lub modernizacji istniejących.