

# *Polski Rejestr Statków*

## **PRZEPISY KLASYFIKACJI I BUDOWY JACHTÓW MORSKICH**

**CZEŚĆ II  
KADŁUB**

1996

(Tekst ujednolicony zawierający Zmiany Nr 1/1998)



GDAŃSK

## **PRZEPISY KLASYFIKACJI I BUDOWY JACHTÓW MORSKICH**

składają się z odrębnie wydanych części:

- Część I – Zasady klasyfikacji
- Część II – Kadłub
- Część III – Wyposażenie i stateczność
- Część IV – Urządzenia maszynowe
- Część V – Urządzenia elektryczne
- Część VI – Materiały
- Część VII – Osprzęt żaglowy

Część II – „Kadłub”, 1996 Przepisów klasyfikacji i budowy jachtów morskich została zatwierdzona przez Dyrektora Naczelnego PRS w dniu 14 maja 1996 r. i wchodzi w życie z dniem 1 lipca 1996 r.

Niniejsza część została rozpatrzona i pozytywnie zaopiniowana przez Radę Techniczną PRS w dniu 26 marca 1996 r.

Do jachtów morskich w eksploatacji mają zastosowanie wymagania Przepisów obowiązujące w czasie ich budowy.

# SPIS TREŚCI

Str.

<b>1</b>	<b>Postanowienia ogólne</b> .....	7
1.1	Zakres zastosowania.....	7
1.2	Oznaczenia i określenia.....	7
1.3	Poszycie.....	8
1.4	Usztywnienia.....	10
<b>2</b>	<b>Obciążenie obliczeniowe</b> .....	11
2.1	Założenia ogólne.....	11
2.2	Obciążenie dna.....	12
2.3	Obciążenie burt.....	13
2.4	Obciążenie pokładu.....	14
2.5	Obciążenie grodzi.....	14
2.6	Obciążenie zbiorników.....	15
2.7	Redukcja obciążeń w rejonach ograniczonych.....	15
<b>3</b>	<b>Konstrukcje z laminatów</b> .....	15
3.1	Wymagania ogólne.....	15
<b>4</b>	<b>Technologia budowy z laminatów</b> .....	16
4.1	Magazyny.....	16
4.2	Pomieszczenia produkcyjne.....	16
4.3	Formy.....	17
4.4	Laminowanie.....	17
4.5	Utwardzanie.....	19
4.6	Kontrola jakości.....	19
<b>5</b>	<b>Własności laminatu</b> .....	20
5.1	Zawartość zbrojenia.....	20
5.2	Grubość laminatu.....	21
5.3	Własności mechaniczne.....	21
5.4	Laminat bazowy.....	22
5.5	Budowa kadłuba bez prób wytrzymałościowych.....	24
<b>6</b>	<b>Poszycie z laminatu</b> .....	24
6.1	Dno i burty.....	24
6.2	Pokład i nadbudowa.....	29
6.3	Grodzie i zbiorniki.....	30
6.4	Poszycie przekładkowe.....	30
<b>7</b>	<b>Usztywnienia z laminatu</b> .....	32
7.1	Wymagane wskaźniki usztywnień.....	32
7.2	Usztywnienia denne.....	33
7.3	Ramy wręgowe.....	35

7.4	Wymagania konstrukcyjne.....	35
<b>8</b>	<b>Wytrzymałość ogólna kadłuba z laminatu.....</b>	<b>37</b>
8.1	Uwagi ogólne.....	37
8.2	Wskaźnik wytrzymałości kadłuba na zginanie.....	37
<b>9</b>	<b>Połączenia powłok z laminatu.....</b>	<b>38</b>
9.1	Uwagi ogólne.....	38
9.2	Połączenia na styk.....	38
9.3	Połączenie pokładu z burtami.....	39
9.4	Połączenie grodzi z poszyciem zewnętrznym.....	40
9.5	Mocowanie elementów wybudowy wnętrza.....	41
9.6	Mocowanie usztywnień.....	42
9.7	Poszycie przekładkowe.....	43
<b>10</b>	<b>Konstrukcje metalowe.....</b>	<b>43</b>
10.1	Wymagania ogólne.....	43
10.2	Warunki budowy.....	43
10.3	Metal bazowy.....	44
<b>11</b>	<b>Poszycie stalowe.....</b>	<b>44</b>
11.1	Grubości wymagane.....	44
<b>12</b>	<b>Usztywnienia stalowe.....</b>	<b>45</b>
12.1	Wymagane wskaźniki usztywnień.....	45
12.2	Stępka i stawy.....	46
12.3	Usztywnienia denne.....	47
12.4	Usztywnienia burtowe.....	48
12.5	Usztywnienia pokładu.....	48
12.6	Ramy wręgowe.....	49
<b>13</b>	<b>Połączenia spawane.....</b>	<b>49</b>
13.1	Wymagania ogólne.....	49
13.2	Szczegóły konstrukcyjne.....	49
13.3	Spoiny czołowe.....	50
13.4	Spoiny pachwinowe.....	50
13.5	Spawanie na zakładkę.....	51
13.6	Spawanie otworowe.....	51
13.7	Połączenia spawane usztywnień.....	52
<b>14</b>	<b>Konstrukcje z drewna.....</b>	<b>53</b>
14.1	Wymagania ogólne.....	53
14.2	Warunki budowy.....	53
<b>15</b>	<b>POSZYCIE DREWNIANE.....</b>	<b>54</b>
15.1	Grubości bazowe.....	54
15.2	Poszycie klepkowe.....	55

15.3	Poszycie z dwóch warstw klepek.....	58
15.4	Poszycie sklejkowe.....	59
15.5	Poszycie klejone z obłogów.....	61
<b>16</b>	<b>Usztywnienia drewniane.....</b>	<b>61</b>
16.1	Wymagane wskaźniki usztywnień.....	61
16.2	Stępka jachtu o poszyciu klepkowym.....	61
16.3	Dziobnica jachtu o poszyciu klepkowym.....	63
16.4	Tylnica jachtu o poszyciu klepkowym.....	63
16.5	Połączenia zestawu trzonowego.....	64
16.6	Zestaw trzonowy jachtu o poszyciu sklejkowym lub klejonym.....	64
16.7	Denniki.....	64
16.8	Wręgi.....	66
16.9	Wzdłużniki obłowe.....	67
16.10	Wzdłużniki pokładnikowe.....	68
16.11	Pokładniki.....	69
16.12	Stalowe usztywnienia poszycia.....	70
16.13	Ramy wręgowe.....	71
<b>17</b>	<b>Wytrzymałość ogólna kadłuba drewnianego.....</b>	<b>71</b>
17.1	Uwagi ogólne.....	71
17.2	Wskaźnik wytrzymałości kadłuba na zginanie.....	71
<b>18</b>	<b>Podpory.....</b>	<b>72</b>
18.1	Obciążenie obliczeniowe podpór.....	72
18.2	Nośność podpór.....	73
18.3	Uwagi konstrukcyjne.....	73



# 1 POSTANOWIENIA OGÓLNE

## 1.1 Zakres zastosowania

**1.1.1** Niniejsza część Przepisów ma zastosowanie do konstrukcji jachtów o długości nie większej niż 24 metrów.

**1.1.2** Dla jachtów stalowych o długości większej niż 24 m należy stosować wymagania Przepisów klasyfikacji i budowy statków morskich.

**1.1.3** Konstrukcje jachtów o długości większej niż 24 m wykonane z laminatu, stopu aluminium lub drewna będą odrębnie rozpatrywane przez PRS.

## 1.2 Oznaczenia i określenia

**1.2.1** Określenia dotyczące ogólnej terminologii stosowanej w Przepisach podane są w „Zasadach działalności nadzorczej”.

### 1.2.2 Oznaczenia

$L_c$  – Długość całkowita, [m] – długość jachtu mierzona między skrajnymi punktami kadłuba na rufie i dziobie z pominięciem takich części należących do wyposażenia kadłuba, jak: ster, bukszpryt, wystrzał, odbojnice itp., tj. elementów, które w niektórych konstrukcjach wystają poza obrys właściwego kadłuba.

$L_w$  – Długość w linii wodnej, [m] – długość jachtu mierzona na wodnicy konstrukcyjnej pomiędzy skrajnymi punktami kadłuba na rufie i dziobie.

$L$  – Długość, [m] – bez dodatkowego określenia oznacza długość klasyfikacyjną równą średniej arytmetycznej z długości całkowitej i długości w linii wodnej.

$B$  – Szerokość, [m] – szerokość kadłuba jachtu mierzona w jego najszerszym miejscu na zewnętrznej powierzchni poszycia z pominięciem odbojnic.

$T$  – Zanurzenie, [m] – zanurzenie jachtu mierzone pomiędzy płaszczyzną wodnicy konstrukcyjnej a dolną krawędzią stępki lub dolną krawędzią płetwy balastowej, lub miecza w jego dolnym położeniu – jeśli jacht jest w nie wyposażony.

$T_m$  – Zanurzenie minimalne, [m] – zanurzenie jachtu wyposażonego w miecz lub podnoszoną płetwę balastową mierzone pomiędzy płaszczyzną wodnicy konstrukcyjnej a dolną krawędzią stępki, lub dolną krawędzią podniesionego miecza lub podniesionej płetwy balastowej – w zależności od tego, który z tych elementów znajduje się najniżej.

$F_p$  – Wolna burta, [m] – wysokość mierzona na owrężu od płaszczyzny wodnicy konstrukcyjnej do górnej krawędzi pokładu głównego lub pokładu nadbudówki przy burcie lub do krawędzi przecięcia się płynnego przedłużenia powierzchni pokładu z płynnym przedłużeniem powierzchni burty.

$H$  – Wysokość boczna, [m] – wysokość kadłuba mierzona w płaszczyźnie owręża – od dolnej krawędzi stępki lub od dolnej krawędzi płetwy balastowej, do górnej krawędzi pokładu głównego lub pokładu nadbudówki przy burcie lub do krawędzi przecięcia się płynnego przedłużenia powierzchni pokładu z płynnym przedłużeniem burty. Dla jachtów z płetwą miecza lub z podnoszoną płetwą balastową wysokość boczna będzie ustalana odrębnie przez PRS.

$V_k$  – Objętość wyporności konstrukcyjnej, [m<sup>3</sup>] – objętość zanurzonej części kadłuba jachtu całkowicie wyposażonego do żeglugi, ale bez załogi, paliwa, wody i żywności.

$R_m$  – Wytrzymałość materiału na rozciąganie, [MPa].

$R_g$  – Wytrzymałość materiału na zginanie, [MPa].

$E_m$  – Moduł sprężystości materiału przy rozciąganiu, [MPa].

$E_g$  – Moduł sprężystości danego materiału przy zginaniu, [MPa].

### 1.2.3 Określenia

Owręże – obrys przekroju poprzecznego kadłuba jachtu w połowie długości wodnicy konstrukcyjnej.

Śródkręcie – środkowa część kadłuba jachtu, o długości równej 0,6  $L$ , licząc od owręża ku dziobowi i ku rufie – po 0,3  $L$ .

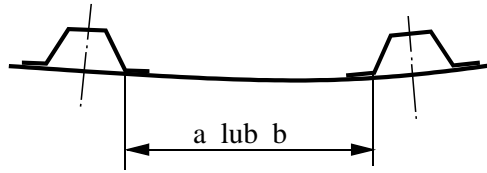
Wodnica konstrukcyjna – linia przecięcia bryły kadłuba przez płaszczyzną powierzchni wody przy wyporności konstrukcyjnej i przegłębieniu konstrukcyjnym.

## 1.3 Poszycie

**1.3.1** Podane w Przepisach wymagania dotyczące poszycia odniesione są do prostokątnej płyty o niewielkiej krzywiznie, usztywnionej na brzegach.

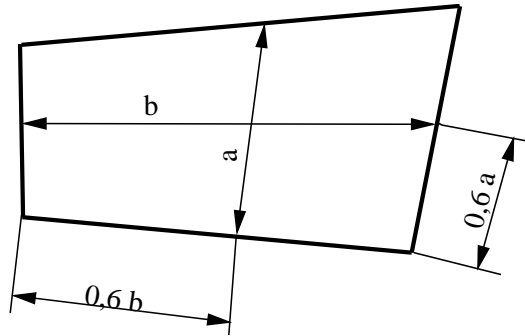
**1.3.2** Podstawowe wymiary płyty (szerokość  $a$  i długość  $b$ ) mierzone są do najbliższych krawędzi usztywnień jak pokazano na rys. 1.3.2-1. Przyjmuje się, że  $b \geq a$ .





Rys. 1.3.2-1

Jeżeli płyta nie jest prostokątem, to wymiary  $a$  i  $b$  – równoległe do środkowych, należy określić jak na rysunku 1.3.2-2.



Rys. 1.3.2-2

**1.3.3** W razie, gdy stosunek długości  $b$  do szerokości  $a$  jest mniejszy od 2, to grubość płyty można zmniejszyć zgodnie ze współczynnikiem  $k_k$  określanym ze wzoru:

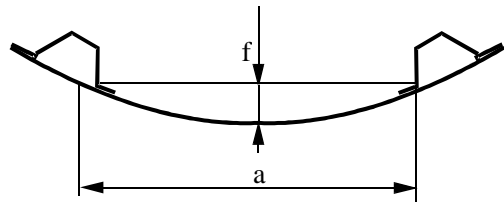
$$k_k = -0,22 \left( \frac{b}{a} \right)^2 + 0,87 \frac{b}{a} + 0,14 \quad (1.3.3)$$

należy przyjmować:  $2 \geq \frac{b}{a} \geq 1$

**1.3.4** W razie, gdy stosunek strzałki krzywizny  $f$  pokazanej na rysunku 1.3.4 do szerokości płyty  $a$  przekracza 0,03, grubość płyty można zmniejszyć zgodnie ze współczynnikiem  $k_p$  podanym w tablicy 1.3.4:

**Tablica 1.3.4**

$f/a$	$k_p$
$0 \div 0,03$	1
$0,03 \div 0,1$	$1,15 - 5f/a$
$\geq 0,1$	0,65



Rys. 1.3.4

**1.3.5** Grubość płaskich, wysoko obciążonych płyt, takich jak płaskie fragmenty dna, duże płaskie pawęże, pokłady bez wypukłości, płaskie poszycie dziobowe, powinna być zwiększona o nie mniej niż 10%.

## 1.4 Usztywnienia

**1.4.1** Poszycia jachtów należy usztywniać przy pomocy wiązań poprzecznych i wzdłużnych. Za wiązania poprzeczne uważa się wręgi, grodzie i przegrody poprzeczne, elementy zabudowy wnętrza, denniki i pokładniki poprzeczne. Za wiązania wzdłużne uważa się wzdłużniki, grodzie i przegrody wzdłużne oraz wzdłużne elementy zabudowy wnętrza.

**1.4.2** Za usztywnienie może być uważane ostre załamanie poszycia, jeżeli kąt pomiędzy sąsiednimi płytami poszycia jest mniejszy niż  $150^\circ$ , a załamanie to jest doprowadzone do odpowiednich innych usztywnień. Poszycie laminatowe na takim załamaniu powinno odpowiadać wymaganiom 6.1.6.

**1.4.3** Załamania poszycia naśladujące poszycie klepkowe na zakładkę mogą być uznane za usztywnienia wzdłużne. Jako zastępczy wskaźnik wytrzymałości takiego usztywnienia  $W_z$  należy przyjmować:

$$W_z = 1,2 g c^2, \quad [\text{cm}^3] \quad (1.4.3)$$

$g$  – grubość poszycia, [cm],

$c$  – wysokość zakładki, [cm].

**1.4.4** Podane dla usztywnień minimalne wskaźniki wytrzymałości na zginanie są obliczane razem z pasem współpracującym o szerokości  $a_w$  określonej ze wzoru:

$$a_w = k_E (e + 2 b_w), \quad [\text{cm}] \quad (1.4.4-1)$$

$k_E$  – współczynnik modułów sprężystości, określany ze wzoru:

$$k_E = \frac{E_p}{E_u}$$

$E_p$  – moduł sprężystości poszycia, [MPa],

$E_u$  – moduł sprężystości usztywnienia, [MPa],

$k_E = 0,4 \div 0,6$  dla poszycia ze sklejki; można w przybliżeniu przyjąć  $k_E$  równe stosunkowi liczby warstw ułożonych wzdłuż usztywnienia do całkowitej liczby warstw sklejki,

$k_E \approx 0,25$  dla poszycia ze sklejki formowanej ułożonej diagonalnie w stosunku do usztywnienia,

$e$  – szerokość usztywnienia przy styku z poszyciem, [cm],

$b_w$  – szerokość współpracująca (jednostronna), [cm]:

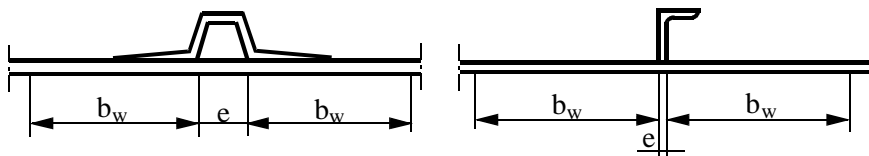
$b_w = 10 g$  dla poszyc z laminatu poliestrowo-szklanego,

$b_w = 50 g$  dla poszyc metalowych,

$b_w = 20 g$  dla poszyc ze sklejki i sklejki formowanej,

$g$  – grubość poszycia, [cm].

Przyjęte wartości  $e + 2 b_w$ , pokazane na rys. 1.4.4, nie powinny być większe od odstępów usztywnień lub od 1/6 rozpiętości danego usztywnienia.



Rys. 1.4.4

Dla usztywnienia położonego na krawędzi poszycia szerokość pasa współpracującego  $a_w$  określa się ze wzoru:

$$a_w = k_E(e + b_w), \quad [\text{cm}] \quad (1.4.4-2)$$

**1.4.5** Wskaźniki wytrzymałości usztywnień w konstrukcjach drewnianych oblicza się wraz z pasem współpracującym tylko wtedy, gdy usztywnienie jest połączone z poszyciem w sposób gwarantujący stałą współpracę.

Pasa współpracującego nie uwzględnia się dla wszystkich usztywnień poszycia karawelowego i ram wręgowych poszyc sklejkowych.

**1.4.6** Wymagane wskaźniki wytrzymałości podane są dla usztywnień ciągłych, których końce zamocowane są sztywno. Wymagany wskaźnik wytrzymałości musi być zachowany na całej długości usztywnienia, szczególnie w miejscach jego podparcia.

**1.4.7** W razie zastosowania usztywnienia o końcach podpartych przegubowo, wymagany wskaźnik należy zwiększyć o 50%. Tak obliczony wskaźnik powinien być zachowany w środkowej części usztywnienia i może zmniejszać się w kierunku końców.

**1.4.8** Elementy zabudowy wnętrza mogą być uznane za równoważne usztywnieniom, jeżeli spełniają wymagania określone dla usztywnień.

## 2 OBCIĄŻENIE OBLICZENIOWE

### 2.1 Założenia ogólne

Obliczanie poszycia i usztywnień kadłuba oparte jest na schemacie wytrzymałościowym belki wielopodporowej obciążonej równomiernie statycznym ciśnieniem wody. Wysokość tego słupa wody jest obciążeniem obliczeniowym. Wysokość słupa wody mierzona jest dla poszyc od najniższej krawędzi obliczanej płyty poszycia, a dla usztywnień od środka rozpiętości usztywnienia. Odstępstwa od tej zasady są każdorazowo podane w Przepisach.

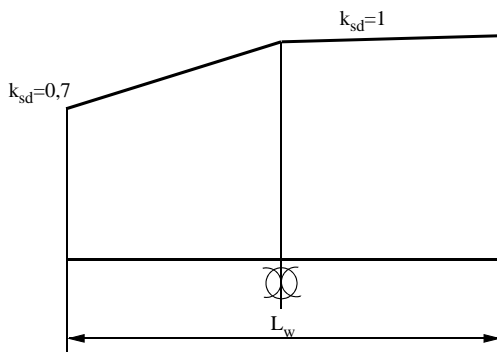
## 2.2 Obciążenie dna

**2.2.1** Jako całkowite obciążenie dna od słupa wody  $h$  należy przyjmować większą z wartości określonych ze wzorów:

$$h_1 = k_{sd}(h_s + 0,05L + 0,5), \quad [\text{m}] \quad (2.2.1-1)$$

$$h_2 = k_v k_d (0,007 v^2 + 0,008 v \sqrt{L_w} + 0,216 L_w), \quad [\text{m}] \quad (2.2.1-2)$$

$k_{sd}$  – współczynnik rozkładu obciążeń statycznych dna, zmieniający się według wykresu na rys. 2.2.1-1;



Rys. 2.2.1-1

$h_s$  – pionowa odległość od obliczanego fragmentu konstrukcji do krawędzi połączenia burty z pokładem głównym lub pokładem nadbudówki w danym miejscu, [m],

$k_v$  – współczynnik zależny od prędkości  $v$ :

$$k_v = 0 \quad \text{dla } v \leq 2,7\sqrt{L_w},$$

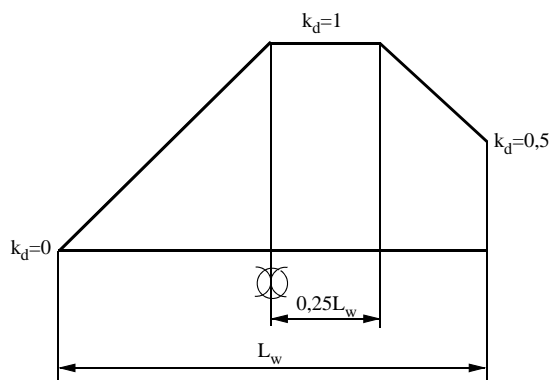
$$k_v = 2,5 \frac{v}{\sqrt{L_w}} - 6,75 \quad \text{dla } 2,7\sqrt{L_w} \leq v \leq 3,1\sqrt{L_w},$$

$$k_v = 1 \quad \text{dla } v \geq 3,1\sqrt{L_w},$$

$k_d$  – współczynnik rozkładu obciążeń dynamicznych zmieniający się według wykresu na rys. 2.2.1-2,

$v$  – prędkość jachtu w węzłach, przy czym należy przyjmować:

- dla jachtu motorowego – prędkość projektowaną lub uzyskaną na próbach,
- dla klasycznego jachtu żaglowego (turystycznego) lub motorowo-żaglowego – prędkość nie przekraczającą  $2,7\sqrt{L_w}$ ,
- dla lekkiego jachtu żaglowego (regatowego) – prędkość nie mniejszą niż  $3,1\sqrt{L_w}$ ,
- dla wielokadłubowców – prędkość nie mniejszą niż  $3,5\sqrt{L_w}$ .



Rys. 2.2.1-2

**2.2.2** Jeżeli prędkość jachtu  $v$  jest większa niż  $2,8\sqrt{L_w}$ , a podobienie dna na owrężu jest mniejsze niż  $12^\circ$ , to obciążenia dna będą odrębnie rozpatrywane przez PRS.

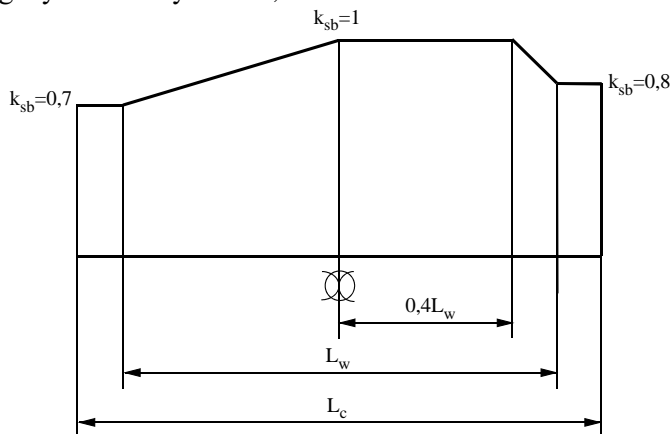
### 2.3 Obciążenie burt

**2.3.1** Jako całkowite obciążenie burt od słupa wody  $h$  należy przyjmować większą z wartości określonych ze wzorów:

$$h_1 = k_{sb}(h_s + 0,05L + 0,5), \quad [\text{m}] \quad (2.3.1-1)$$

$$h_2 = 0,6k_vk_d(0,007v^2 + 0,008v\sqrt{L_w} + 0,216L_w), \quad [\text{m}] \quad (2.3.1-2)$$

$k_{sb}$  – współczynnik rozkładu obciążeń statycznych burt, zmieniający się według wykresu na rys. 2.3.1,



Rys. 2.3.1

$h_s, k_v, k_d, v$  – jak w 2.2.1.

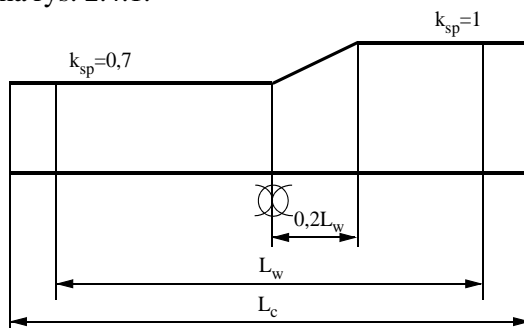
**2.3.2** Obciążenie ścian bocznych nadbudówek należy obliczać jak dla burt w tym samym rejonie.

## 2.4 Obciążenie pokładu

**2.4.1** Obciążenie pokładu od słupa wody  $h$  należy określać ze wzoru:

$$h = k_{sp} k_p (0,05L + 0,5), \quad [\text{m}] \quad (2.4.1)$$

$k_{sp}$  – współczynnik wzdłużnego rozkładu obciążeń zmieniający się według wykresu na rys. 2.4.1.



Rys. 2.4.1

$k_p$  – współczynnik rozkładu obciążeń pokładówek:

$k_p = 1,0$  dla pokładu głównego lub pokładu nadbudówki,

$k_p = \frac{1}{1 + 10 \frac{h_p}{L}}$  dla elementów konstrukcji pokładówek położonych w odległości  $h_p$  [m] od pokładu głównego,

$k_p = 1,2$  dla mało nachylonej ściany dziobowej pokładówki lub nadbudówki w rejonie od owręza do dziobu,

$k_p = 1,1$  dla kokpitów.

**2.4.2** Obciążenie  $h$  elementów konstrukcji, po których może chodzić załoga należy przyjmować nie mniejsze niż 0,5 m.

## 2.5 Obciążenie grodzi

**2.5.1** Obciążenie grodzi  $h$  należy określać ze wzoru:

$$h = k_{sg} (h_g + 0,05L + 0,5), \quad [\text{m}] \quad (2.5.1)$$

$k_{sg}$  – współczynnik rozkładu obciążeń statycznych grodzi:

$k_{sg} = 1,5$  dla grodzi zderzeniowej,

$k_{sg} = 1,0$  dla innych grodzi,

$h_g$  – pionowa odległość od obliczanego fragmentu konstrukcji grodzi do pokładu nad grodzią, [m].

## 2.6 Obciążenie zbiorników

**2.6.1** Obciążenie  $h$  integralnych zbiorników wody lub paliwa należy określać ze wzoru:

$$h = \gamma(h_z + 0,6h_p + 1), \quad [\text{m}] \quad (2.6.1)$$

$\gamma$  – masa właściwa cieczy w zbiorniku,  $[\text{g}/\text{cm}^3]$ ,

$h_z$  – odległość obliczanego elementu od szczytu zbiornika,  $[\text{m}]$ ,

$h_p$  – wysokość odpowietrzenia nad szczytem zbiornika,  $[\text{m}]$ .

## 2.7 Redukcja obciążeń w rejonach ograniczonych

**2.7.1** Dla jachtów uprawiających żeglugę w rejonie III przy stałych ograniczeniach pogodowych oraz w rejonie V wartości obciążeń obliczeniowych  $h$  mogą być zredukowane zgodnie z tabelą 2.7.1.

**2.7.2** Zredukowane obciążenie  $h$  elementów konstrukcji, po których może chodzić załoga, nie powinno być mniejsze niż 0,5 m.

**Tablica 2.7.1**

Dopuszczalna wielkość redukcji obciążenia kadłuba

Element konstrukcji	III	V
Poszycie dna $h_1$	15%	20%
Poszycie dna $h_2$	20%	30%
Poszycie burt $h_1$	10%	15%
Poszycie burt $h_2$	15%	30%
Usztywnienia dna i burt $h_1$	15%	25%
Usztywnienia dna i burt $h_2$	25%	40%
Pokład i nadbudówka	15%	20%
Grodzie i zbiorniki	6%	12%

## 3 KONSTRUKCJE Z LAMINATÓW

### 3.1 Wymagania ogólne

**3.1.1** Wymagania Przepisów dotyczą konstrukcji z laminatów poliestrowo-szklanych. Materiały, z których wyrabia się laminaty powinny odpowiadać wymaganiom zawartym w części VI – „Materiały”.

**3.1.2** Inne materiały konstrukcyjne stosowane w konstrukcji kadłubów z łps, takie jak stal, stopy aluminium i miedzi, drewno, powinny także odpowiadać wymaganiom zawartym w części VI – „Materiały”. Należy zapewnić zadowalające połączenie tych materiałów z laminatem poprzez dobór materiału, dobór połączenia lub odpowiednie przygotowanie jego powierzchni. Stopów metali zawierających miedź nie należy stosować w bezpośrednim kontakcie z żywicami poliestrowymi.

Konstrukcje z innych laminatów niż poliestrowo-szklane będą odrębnie rozpatrywane przez PRS.

## **4 TECHNOLOGIA BUDOWY Z LAMINATÓW**

### **4.1 Magazyny**

**4.1.1** Żywice powinny być składowane w szczelnych pojemnikach (najlepiej oryginalnych opakowaniach fabrycznych), w pomieszczeniu o temperaturze zalecanej przez producenta, bez dostępu światła. Okres magazynowania żywicy nie powinien przekraczać okresu gwarancyjnego.

**4.1.2** Inicjatory i przyspieszacze powinny być przechowywane w pomieszczeniach chłodnych, suchych, czystych i dobrze wentylowanych.

**4.1.3** Wszystkie inne dodatki do żywic powinny być przechowywane w zamkniętych pojemnikach, zabezpieczonych przed kurzem i wilgocią.

**4.1.4** Materiały zbrojeniowe należy przechowywać w oryginalnych opakowaniach, w pomieszczeniach suchych i pozbawionych kurzu.

**4.1.5** Temperatura materiałów przygotowanych do przerobu powinna odpowiadać temperaturze pomieszczenia produkcyjnego.

### **4.2 Pomieszczenia produkcyjne**

**4.2.1** Stosownie do wielkości i charakteru produkcji, pomieszczenia produkcyjne powinny być odpowiednio oddzielone od pomieszczeń magazynowych, a różne cykle procesu technologicznego (przygotowanie żywic, cięcie zbrojenia i laminowanie) powinny przebiegać w oddzielnych, ale przyległych do siebie pomieszczeniach.

**4.2.2** Pomieszczenie produkcyjne powinno zapewniać możliwość utrzymywania stałej temperatury w granicach  $16 \div 25$  °C. Wyjątkowo można dopuścić do obniżenia temperatury do 12 °C, lecz dopiero po zakończeniu laminowania i żelowania elementów konstrukcyjnych kadłuba oraz co najmniej 12 godzin po żelowaniu żywicy. Czas trwania obniżonej temperatury powinien być minimalizowany w zależności od masy konstrukcji i czasu jaki upłynął od ostatniego laminowania.

**4.2.3** Podłoga w pomieszczeniu produkcyjnym powinna być czysta i niepyląca. Czystość powinna być utrzymywana w takim stopniu, jak to jest praktycznie możliwe. Powietrze w tym pomieszczeniu powinno być wolne od zapyleń, szczególnie takimi substancjami, które mogą wpływać ujemnie na proces polimeryzacji lub tworzyć warstwy rozdzielające poszczególne elementy laminowane. Praca maszyn wytwarzających pył jest w tym pomieszczeniu niedopuszczalna.



**4.2.4** Wilgotność względna pomieszczenia nie powinna w zasadzie przekraczać 70%. Na krótkie okresy dopuszcza się wilgotność względną do 85%.

**4.2.5** W pomieszczeniu, w którym wykonywane jest laminowanie, należy zapewnić ciągłą kontrolę temperatury i wilgotności.

**4.2.6** Stosowana wentylacja nie powinna powodować nadmiernego odparowania styrenu.

**4.2.7** Laminowane elementy należy zabezpieczyć przed działaniem promieni słonecznych.

### **4.3 Formy**

**4.3.1** Materiały użyte na formy nie mogą wpływać na proces polimeryzacji żywicy.

**4.3.2** Formy powinny być wystarczająco sztywne, a ich kształt tak dobrany, aby pozwalał na łatwe odformowanie.

**4.3.3** Przy dużych formach laminowanie należy wykonywać z pomostów umożliwiających dostęp do całej powierzchni laminowanej.

**4.3.4** Zaleca się, szczególnie przy większych kadłubach, stosowanie form obrotowych (lub przechyłanych), aby umożliwić laminowanie podolne.

**4.3.5** Budowa jachtów bez zastosowania form będzie odrębnie rozpatrywana przez PRS.

### **4.4 Laminowanie**

**4.4.1** Żywica przeznaczona na żelkot i warstwy konstrukcyjne laminatu powinna być przygotowana zgodnie z zaleceniami producenta żywicy.

**4.4.2** Czas żelowania przygotowanej żywicy nie powinien przekraczać 1 godziny. Zmianę czasu żelowania żywicy należy regulować ilościową zmianą przyspieszacza bez zmian zalecanej ilości inicjatora.

**4.4.3** Przyspieszacza nie wolno mieszać bezpośrednio z inicjatorem (grozi wybuchem).

**4.4.4** Zbrojenie szklane należy stosować w tak dużych odcinkach, jak jest to możliwe. Zaleca się stosowanie mat z krawędziami rwanymi, a nie ciętymi.

**4.4.5** W czasie całego procesu laminowania należy zapewnić stałą kontrolę proporcji żywicy do zbrojenia. Przy przygotowywaniu mat szklanych do laminowania należy uwzględnić masę lepiszcza (odjąć masę lepiszcza od masy całkowitej zbrojenia).

**4.4.6** Przed rozpoczęciem laminowania poszycia kadłuba, formy powinny być dokładnie oczyszczone, wysuszone i doprowadzone do temperatury pomieszczenia. Szpachlówki stosowane do konserwacji form i środki rozdzielające nie mogą reagować z żywicami.

**4.4.7** Warstwa żelkotu może być nakładana przy pomocy pędzla, wałka lub urządzenia natryskowego. Jej grubość powinna w zasadzie wynosić  $0,4 \div 0,6$  mm.

**4.4.8** Warstwa żelkotu, po upływie czasu nie dłuższego niż 6 godzin (po zżelowaniu) powinna być pokryta pierwszą warstwą laminatu zbrojonego lekką tkaniną lub matą o masie powierzchniowej nie większej niż  $300 \text{ g/m}^2$ . Warstwa ta powinna być szczególnie dobrze odpowietrzona, a zawartość zbrojenia powinna wynosić  $20 \div 30\%$ .

**4.4.9** Laminowanie właściwych warstw konstrukcyjnych powinno odbywać się ręczną metodą kontaktową przy pomocy wałków miękkich i twardych oraz pędzli. Laminowanie metodą natrysku ciętego rowingu z żywicą wymaga odrębnego uzgodnienia z PRS.

**4.4.10** Laminowanie powinno odbywać się bez przerw („mokre na mokre”). W razie przerw trwających ponad dobę powierzchnię połączenia należy odpowiednio przygotować przez szlifowanie lub przez położenie tkaniny poliamidowej przeznaczonej do oddzierania.

**4.4.11** Nakładanie kolejnych warstw zbrojenia powinno być przeprowadzone bez wyczekiwania na utwardzenie żywicy warstw poprzednich. Nie należy kłaść zbyt dużej liczby warstw laminatu jednocześnie, co może doprowadzić do jego przegrzania.

**4.4.12** Gdy laminowanie zostanie przerwane w takim momencie, że ostatnia warstwa żywicy zdążyła już stwardnieć, pierwsza z następnych warstw powinna być rozpoczęta od maty szklanej. Zaleca się także stosowanie maty na ostatnią warstwę laminatu poszycia w części dennej.

**4.4.13** Szerokość zakładki zbrojenia tej samej warstwy nie powinna być mniejsza niż 50 mm. Zakładki różnych warstw powinny być przesunięte względem siebie o co najmniej 100 mm.

**4.4.14** Zmiany ilości zbrojenia w laminacie powinny być stopniowane tak, aby nie przekraczały  $600 \text{ g/m}^2$  na każde 25 mm szerokości pasa przejściowego.

**4.4.15** Krawędzie materiałów takich, jak: drewno, sklejka, metale i pianki rdzeniowe, które mają być w laminowane we wnętrzu poszyć, powinny być stopniowo ścieniane.

## 4.5 Utwardzanie

**4.5.1** Po zakończeniu laminowania elementy kadłuba powinny być pozostawione w formach na czas potrzebny do wstępnego utwardzenia laminatu. Okres ten powinien trwać co najmniej 24 godziny.

**4.5.2** Elementy bezpośrednio wyjęte z form powinny być do czasu uzyskania właściwej sztywności odpowiednio podparte lub tak połączone z innymi elementami, aby się nie odkształcały.

**4.5.3** Po zakończeniu laminowania elementy kadłuba powinny być pozostawione w pomieszczeniu produkcyjnym lub innym, o temperaturze nie mniejszej niż 16 °C, do czasu uzyskania odpowiedniej twardości (około 35 ÷ 40 wg Barcola). Jeżeli nie można dokonać pomiaru twardości, okres utwardzania można uznać za wystarczający po czasie:

30 dni	– w temperaturze 16 °C
15 dni	– w temperaturze 25 °C
15 godzin	– w temperaturze 40 °C
9 godzin	– w temperaturze 50 °C
5 godzin	– w temperaturze 60 °C

Zaleca się wygrzewanie kadłuba. Należy przy tym unikać gwałtownych zmian temperatury. Stopniowe podnoszenie temperatury należy przeprowadzać według zaleceń producenta żywicy. Powietrze w wygrzewalni powinno być suche (4.2.4), a kadłub w czasie wygrzewania powinien być właściwie podparty. Nie wolno przekraczać temperatury odporności cieplnej laminatu lub pianek rdzeniowych użytych do budowy kadłuba.

## 4.6 Kontrola jakości

**4.6.1** W trakcie całego procesu laminowania należy zapewnić bieżącą kontrolę zgodności:

- składowania materiałów – z wymaganiami 4.1,
- miejsca produkcji – z wymaganiami 4.2,
- stanu form – z wymaganiami 4.3,
- procesu formowania i utwardzania lps – z wymaganiami 4.4 i 4.5,
- kolejności, rodzaju i ilości nakładanych warstw zbrojenia szklanego – z zatwierdzoną dokumentacją klasyfikacyjną,

i w razie stwierdzenia nieprawidłowości podjąć działania zaradcze. Ewentualnych napraw należy dokonywać w sposób uprzednio uzgodniony z inspektorem PRS.

**4.6.2** Budowniczy powinien przedstawić wyniki badań laminatu z płyty kontrolnej w celu ustalenia własności wytrzymałościowych zgodnie z wymaganiami rozdziału 5:

- dla każdego jachtu budowanego jednostkowo,
- dla wskazanego przez inspektora jachtu budowanego seryjnie.

**4.6.3** Płyta kontrolna powinna mieć wymiary 400 × 500 mm. Grubość i konstrukcja tej płyty powinny ściśle odpowiadać laminatowi poszycia burty na śródo-krećciu. Sposób utwardzania płyty kontrolnej powinien być identyczny ze sposobem utwardzania poszycia jachtu. Jako próbki można, po uprzednim uzgodnieniu z inspektorem PRS, uznać fragmenty poszycia pochodzące z wycięcia większych otworów.

Płyta kontrolna powinna być wykonana przez osoby wykonujące poszycie jachtu, w warunkach odpowiadających procesowi laminowania i z tych samych materiałów co kadłub.

**4.6.4** Płyta kontrolna powinna być wykonana dla każdego jachtu, budowanego także seryjnie, przed rozpoczęciem procesu formowania kadłuba i wtedy wyniki badań należy dołączyć do dokumentacji klasyfikacyjnej lub w trakcie procesu formowania kadłuba.

**4.6.5** Badania próbek z płyt kontrolnych powinny być przeprowadzone w uznanym przez PRS laboratorium, a sprawozdanie z badań powinno zawierać następujące informacje:

Własności utwardzonego lps	Badanie według normy
zawartość zbrojenia szklanego, [%]	ISO 1172
wytrzymałość na rozciąganie, [MPa]	PN-81/C-89034 lub ISO R527-1966
moduł sprężystości przy rozciąganiu, [MPa]	PN-82/C-89051 lub ISO R527-1966
wytrzymałość na zginanie, [MPa]	PN-79/C-89027 lub ISO R178-1975
moduł sprężystości przy zginaniu, [MPa]	PN-82/C-89051 lub ISO R178-1975
twardość wg Barcola	ASTM <sup>*)</sup> /D 2583-87

<sup>\*)</sup>American Society for Testing Materials (Amerykańskie Stowarzyszenie Badania Materiałów)

## 5 WŁASNOŚCI LAMINATU

### 5.1 Zawartość zbrojenia

**5.1.1** Laminaty zbrojone matami szklanymi powinny wykazywać zawartość zbrojenia  $z$  w granicach  $28 \div 33\%$  w stosunku do masy laminatu.

**5.1.2** Laminaty o zbrojeniu mieszanym (maty i inne typy zbrojeń) powinny wykazywać masowy udział zbrojenia  $z$  w zakresie określonym ze wzorów:

$$z_{\min} = \frac{M_{zb}}{3,6 M_M + 2,2 M_T + 2,0 M_K} 100\% \quad (5.1.2-1)$$

$$z_{\max} = \frac{M_{zb}}{3,0 M_M + 1,65 M_T + 1,5 M_K} 100\% \quad (5.1.2-2)$$

$M_{zb}$  – całkowita masa zbrojenia w laminacie, [g/m<sup>2</sup>],

$M_M$  – masa zbrojenia z mat, [g/m<sup>2</sup>],

$M_T$  – masa zbrojenia z tkanin, [g/m<sup>2</sup>],

$M_K$  – masa zbrojenia jednokierunkowego, [g/m<sup>2</sup>].

**5.1.3** Zastosowanie laminatów o innej zawartości zbrojenia szklanego, niż to podano powyżej, podlega osobnemu rozpatrzenia przez PRS.

## 5.2 Grubość laminatu

**5.2.1** Przy przeciętnie poprawnym wykonaniu grubość  $g$  otrzymanego laminatu powinna być zbliżona do wartości:

$$g = \frac{M_{zb}}{1000} \left( \frac{83}{z} - 0,44 \right), \quad [\text{mm}] \quad (5.2.1)$$

$M_{zb}$  – całkowita masa zbrojenia w laminacie, [g/m<sup>2</sup>],

$z$  – procentowy masowy udział zbrojenia w laminacie.

## 5.3 Własności mechaniczne

**5.3.1** Własności mechaniczne laminatów zbrojonych matami: wytrzymałość na rozciąganie  $R_m$ , wytrzymałość na zginanie  $R_g$ , moduł sprężystości przy rozciąganiu  $E_m$  i moduł sprężystości przy zginaniu  $E_g$  nie powinny być mniejsze niż określone ze wzorów:

$$R_m = 4z - 30, \quad [\text{MPa}] \quad (5.3.1-1)$$

$$R_g = 4z + 35, \quad [\text{MPa}] \quad (5.3.1-2)$$

$$E_m = 200z + 1000, \quad [\text{MPa}] \quad (5.3.1-3)$$

$$E_g = 200z + 500, \quad [\text{MPa}] \quad (5.3.1-4)$$

$z$  – procentowy masowy udział zbrojenia w laminacie.

Własności te przedstawia tablica 5.3.1:

**Tablica 5.3.1**  
Własności laminatów zbrojonych matami

Zawartość zbrojenia [%]	Ilość zbrojenia w 1 mm grubości [g/m <sup>2</sup> ]	Masa właściwa laminatu [g/m <sup>2</sup> ]	$R_m$ [MPa]	$R_g$ [MPa]	$E_m$ [MPa]	$E_g$ [MPa]
28	396	1,41	82	147	6600	6100
29	413	1,42	86	151	6800	6300
30	430	1,43	90	155	7000	6500
31	447	1,44	94	159	7200	6700
32	464	1,45	98	163	7400	6900
33	482	1,46	102	167	7600	7100
34*)	500	1,47	106	171	7800	7300
35*)	518	1,48	110	175	8000	7500

\*) patrz 5.1.1 i 5.1.3

**5.3.2** Własności mechaniczne laminatów o zbrojeniu mieszanym: wytrzymałość na rozciąganie  $R_m$ , wytrzymałość na zginanie  $R_g$ , moduł sprężystości przy rozcią-

ganiu  $E_m$  i moduł sprężystości przy zginaniu  $E_g$  nie powinny być mniejsze niż określone ze wzorów:

$$R_m = 0,19z^2 - 10z + 210, \quad [\text{MPa}] \quad (5.3.2-1)$$

$$R_g = 0,19z^2 - 10z + 270, \quad [\text{MPa}] \quad (5.3.2-2)$$

$$E_m = 400z - 5800, \quad [\text{MPa}] \quad (5.3.2-3)$$

$$E_g = 12z^2 - 750z + 18400, \quad [\text{MPa}] \quad (5.3.2-4)$$

$z$  – procentowy masowy udział zbrojenia w laminacie.

Własności te przedstawia tablica 5.3.2:

**Tablica 5.3.2**  
Własności laminatów o zbrojeniu mieszanym

Zawartość zbrojenia [%]	Ilość zbrojenia w 1 mm grubości [g/m <sup>2</sup> ]	Masa właściwa laminatu [g/m <sup>2</sup> ]	$R_m$ [MPa]	$R_g$ [MPa]	$E_m$ [MPa]	$E_g$ [MPa]
35	518	1,48	93	153	8200	6850
36	536	1,49	96	156	8600	6952
37	555	1,50	100	160	9000	7078
38	573	1,51	104	164	9400	7228
39	592	1,52	109	169	9800	7402
40	612	1,53	114	174	10200	7600
41	631	1,54	119	179	10600	7822
42	651	1,55	125	185	11000	8068
43	671	1,56	131	191	11400	8338
44	691	1,57	138	198	11800	8632
45	712	1,58	145	205	12200	8950
46	733	1,59	152	212	12600	9292
47	754	1,60	160	220	13000	9658
48	776	1,62	168	228	13400	10048
49	796	1,63	176	236	13800	10462
50	820	1,64	185	245	14200	10900

**5.3.3** Podane w 5.3.1 i 5.3.2 własności mechaniczne przyjęto jako minimalne wartości dla próbek z płyt kontrolnych utwardzonych zgodnie z 4.5.3.

**5.3.4** Przydatność laminatów, których próbki z płyt kontrolnych wykazują wytrzymałość lub moduł sprężystości mniejsze od wartości określonych w 5.3.1 lub 5.3.2 będzie odrębnie rozpatrywana przez PRS.

## 5.4 Laminat bazowy

**5.4.1** Podane w dalszych rozdziałach wymagania odniesione są do laminatu bazowego o zawartości zbrojenia  $z = 34\%$  (na 1 mm grubości laminatu przypada około 500 g/m<sup>2</sup> zbrojenia) o następujących własnościach wytrzymałościowych:

$$\begin{aligned}
 R_m &= 106 \text{ MPa}, \\
 R_g &= 171 \text{ MPa}, \\
 E_m &= 7800 \text{ MPa}, \\
 E_g &= 7300 \text{ MPa}.
 \end{aligned}$$

**5.4.2** Przy zastosowaniu laminatu o zawartości zbrojenia niższej niż 34% można obliczać wymaganą masę zbrojenia szklanego jak dla laminatu bazowego.

**5.4.3** Przy zastosowaniu laminatu o zawartości zbrojenia wyższej niż 34% wymaganą masę zbrojenia szklanego  $M_1$  dla poszyc należy obliczać ze wzorów:

– dla kryterium wytrzymałości:

$$M_1 = M \frac{z}{41,5 - 0,22 z} \sqrt{\frac{171}{R_g}}, \quad [\text{g/m}^2] \quad (5.4.2-1)$$

– dla kryterium sztywności:

$$M_1 = M \frac{z}{41,5 - 0,22 z} \sqrt[3]{\frac{7300}{E_g}}, \quad [\text{g/m}^2] \quad (5.4.2-2)$$

$M$  – wymagana bazowa masa zbrojenia,  $[\text{g/m}^2]$ ,

$z$  – rzeczywisty procentowy udział zbrojenia w laminacie,

$R_g$  – obliczeniowa wytrzymałość zastosowanego laminatu na zginanie,  $[\text{MPa}]$ ,

$E_g$  – obliczeniowy moduł sprężystości zastosowanego laminatu przy zginaniu,  $[\text{MPa}]$ .

Jako obliczeniową wytrzymałość i obliczeniowy moduł sprężystości należy przyjmować:

- 90% odpowiednich wartości uzyskanych podczas badań wytrzymałościowych płyt kontrolnych stosowanego laminatu (jeśli takie badania zostały wykonane przed rozpoczęciem budowy), lub
- odpowiednie wartości podane w tablicy 5.3.2 dla zawartości zbrojenia  $z_{max}$  obliczonej ze wzoru 5.1.2-2 (jeśli nie wykonano badań wytrzymałościowych przed rozpoczęciem budowy).

Podobnie należy obliczać wymagany wskaźnik wytrzymałości usztywnienia  $W_1$  i moment bezwładności usztywnienia  $I_1$  ze wzorów:

$$W_1 = W \frac{171}{R_g}, \quad [\text{cm}^3] \quad (5.4.2-3)$$

$$I_1 = I \frac{7300}{E_g}, \quad [\text{cm}^4] \quad (5.4.2-4)$$

$W$  – bazowy wskaźnik wytrzymałości usztywnienia na zginanie,  $[\text{cm}^3]$ ,

$I$  – bazowy moment bezwładności usztywnienia,  $[\text{cm}^4]$ .

## 5.5 Budowa kadłuba bez prób wytrzymałościowych

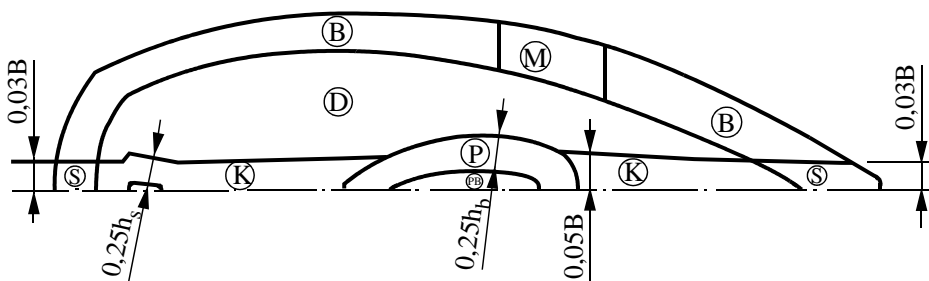
5.5.1 Dla jachtów o długości klasyfikacyjnej mniejszej niż 9 m, PRS może nie wymagać wykonania prób przewidzianych w 4.6.3 pod warunkiem:

- stwierdzenia poprawności wykonania laminatu,
- zastosowania poszyc o zbrojeniu o 15% większym niż wymagane w Przepisach,
- zastosowania usztywnień o wskaźniku o 10% wyższym niż wymagane w Przepisach,
- stwierdzenia zawartości zbrojenia w wymaganych granicach (na podstawie otrzymanych grubości poszyc).

## 6 POSZYCIE Z LAMINATU

### 6.1 Dno i burty

6.1.1 Poszycie dna i burt jachtu żaglowego i motorowo-żaglowego powinno spełniać wymienione w tabelicy 6.1.1 kryteria, dla wszystkich rejonów poszycia, pokazanych na rys. 6.1.1.



$h_b$  – wysokość płetwy balastowej, [m],

$h_s$  – wysokość płetwy statecznika sterowego, [m].

Rys. 6.1.1

**Tabela 6.1.1**

Wymagana bazowa masa zbrojenia dla dna i burt jachtu żaglowego i motorowo-żaglowego, [g/m<sup>2</sup>]

Rejon poszycia		Kryterium			Inne wymagania
		wytrzymałości na zginanie	szttywności	minimalnej masy zbrojenia	
1		2	3	4	5
Rejon płetwy balastowej	P	$6,5ak\sqrt{h}$	$8,9ak^3\sqrt{h}$	$1600\sqrt{L}$	6.1.5
Stępka	K	$6,0ak\sqrt{h}$	$7,2ak^3\sqrt{h}$	$1350\sqrt{L}$	6.1.3
Dno	D	$4,6ak\sqrt{h}$	$5,5ak^3\sqrt{h}$	$920\sqrt{L}$	6.1.6, 7
Stewa	S	$6,0ak\sqrt{h}$	$7,2ak^3\sqrt{h}$	$1100\sqrt{L}$	



1	2	3	4	5
Burty B	$4,6ak\sqrt{h}$	$4,8ak^3\sqrt{h}$	$750\sqrt{L}$	6.1.6
Rejon masztu M	$5,0ak\sqrt{h}$	$6,3ak^3\sqrt{h}$	$800\sqrt{L}$	6.1.8
Integralna pletwa balastowa PB	$6,5ak\sqrt{h}$	$8,9ak^3\sqrt{h}$	$1800\sqrt{L}$	6.1.4
Integralny statecznik sterowy	$6,0ak\sqrt{h}$	$7,2ak^3\sqrt{h}$	$1350\sqrt{L}$	*)

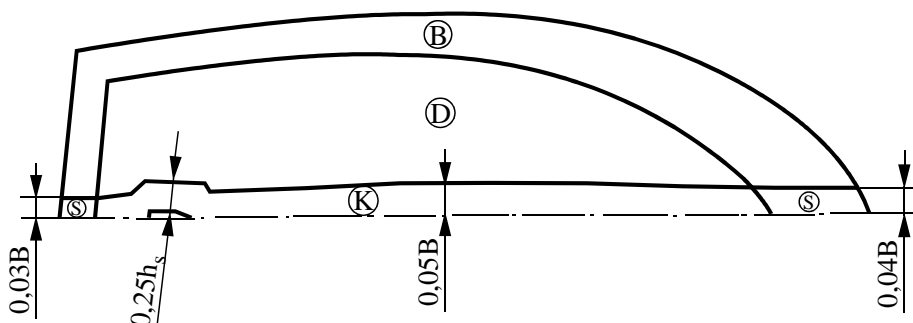
\*) według 2.8 części III – „Wyposażenie i stateczność”.

$a$  – szerokość płyty poszycia, [mm],

$k = k_k \cdot k_p$  według 1.3.3 i 1.3.4,

$h$  – wysokość obciążenia według 2.2, 2.3 i 2.7.

**6.1.2** Poszycie dna i burt jachtu motorowego powinno spełniać wymienione w tabelicy 6.1.2 kryteria, dla wszystkich rejonów poszycia, pokazanych na rys. 6.1.2.



$h_s$  – wysokość pletwy statecznika sterowego, [m]

Rys. 6.1.2

**Tablica 6.1.2**

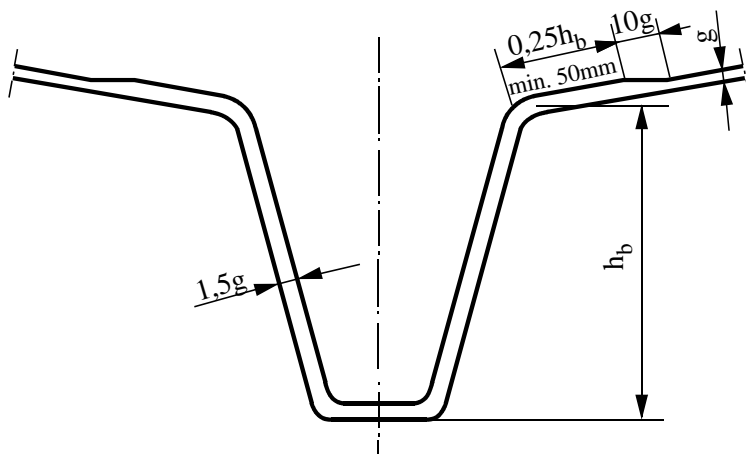
Wymagana bazowa masa zbrojenia dla dna i burt jachtu motorowego, [g/m<sup>2</sup>]

Rejon poszycia		Kryterium			Inne wymagania
		wytrzymałości na zginanie	szttywności	minimalnej masy zbrojenia	
Stęпка K		$6,0ak\sqrt{h}$	$7,2ak^3\sqrt{h}$	$1350\sqrt{L}$	6.1.3
Stewy S		$6,0ak\sqrt{h}$	$7,2ak^3\sqrt{h}$	$1100\sqrt{L}$	
Dno D		$4,6ak\sqrt{h}$	$5,5ak^3\sqrt{h}$	$920\sqrt{L}$	6.1.6, 7
Burty B		$4,6ak\sqrt{h}$	$4,8ak^3\sqrt{h}$	$750\sqrt{L}$	6.1.6
Pawęż		$4,6ak\sqrt{h}$	$4,8ak^3\sqrt{h}$	$750\sqrt{L}$	6.1.10

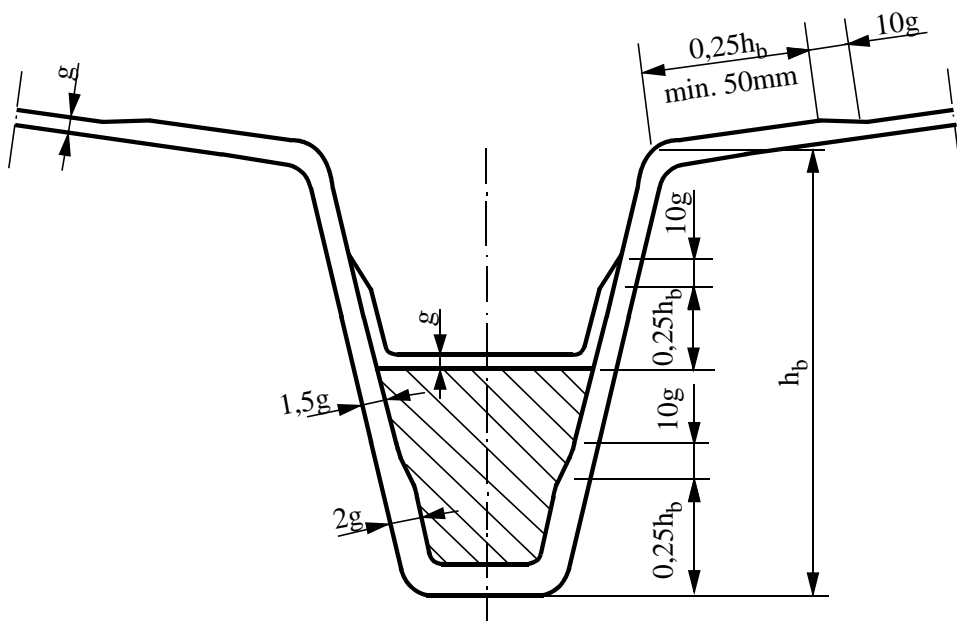
Oznaczenia według tablicy 6.1.1.

**6.1.3** Jeżeli poszycie kadłuba składa się z połówek, to zbrojenie pasa stępkowego powinno być zwiększone o 100% w stosunku do poszycia dna, a jego szerokość nie powinna być mniejsza niż  $0,1 B$  lub 70 grubości dna.

**6.1.4** W razie zastosowania integralnej płetwy balastowej lub integralnego statecznika sterowego, poszycie tych elementów należy wykonać tak, jak pokazano na rysunkach 6.1.4-1 lub 6.1.4-2.

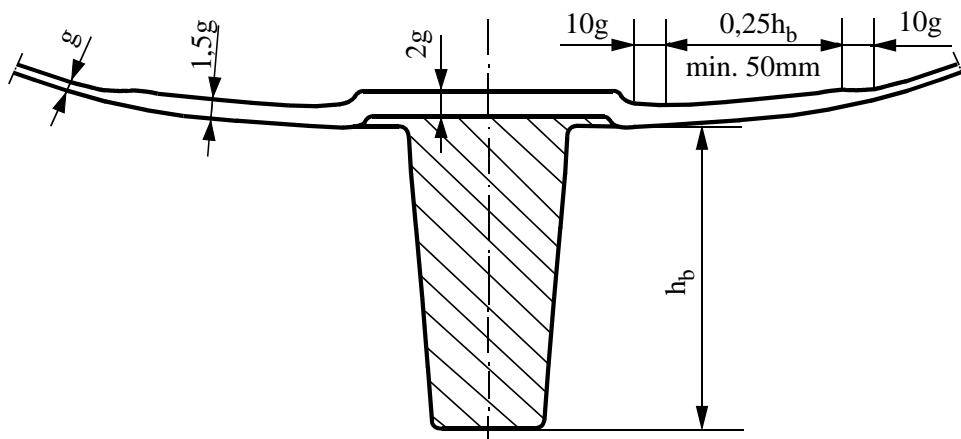


Rys. 6.1.4-1

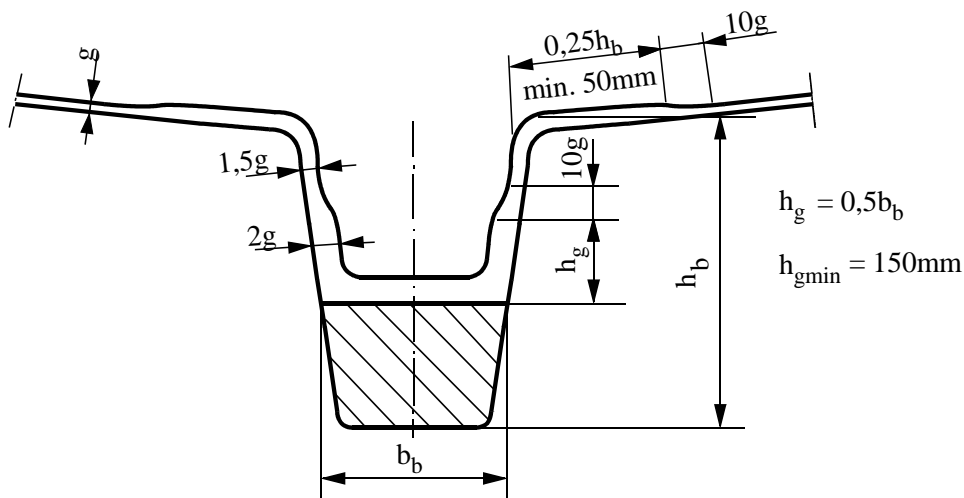


Rys. 6.1.4-2

**6.1.5** Poszycie dna w rejonie styku z zewnętrznym balastem lub z montowanym statecznikiem sterowym powinno być wykonane zgodnie z rysunkami 6.1.5-1 lub 6.1.5-2 lub w inny równoważny sposób.

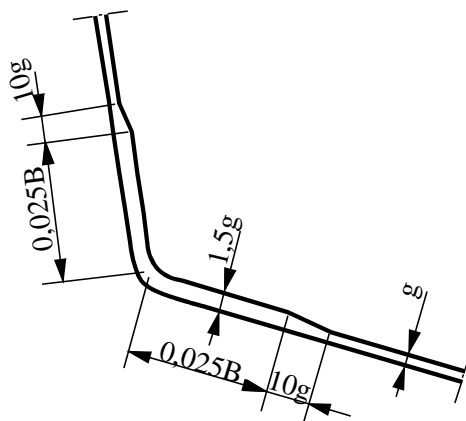


Rys. 6.1.5-1



Rys. 6.1.5-2

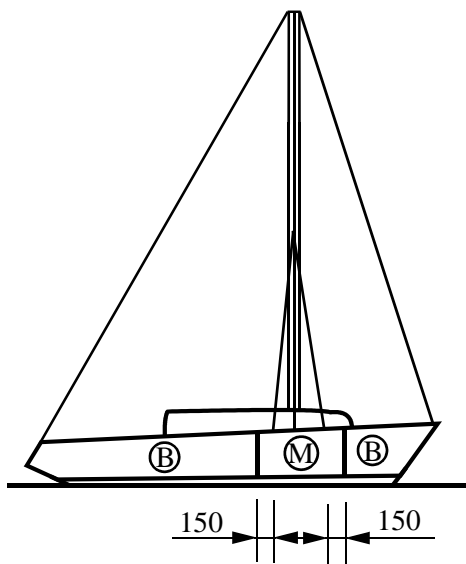
**6.1.6** Ostre załamania poszycia stanowiące jego usztywnienia (1.4.2) lub załamania poszycia narażone na uszkodzenia mechaniczne, powinny mieć zbrojenie zwiększone o 50% na szerokości min.  $0,025 B$ , jak pokazano na rys. 6.1.6.



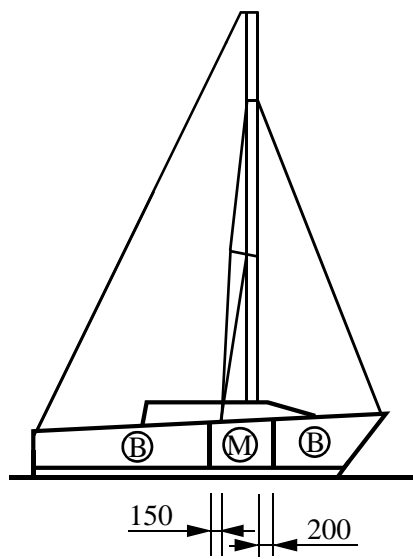
Rys. 6.1.6

**6.1.7** Poszycie dna należy doprowadzić do wysokości min. 150 mm ponad konstrukcyjną linię wodną.

**6.1.8** Minimalne wymiary wzmocnionego poszycia w rejonie masztu przedstawiają rysunki 6.1.8-1 i 6.1.8-2.



Rys. 6.1.8-1



Rys. 6.1.8-2

**6.1.9** Jeżeli na jachcie dwumasztowym wysokość niższego masztu nie przekracza 0,7 wysokości grotmasztu, to wzmocnienie burt w rejonie tego masztu nie jest wymagane.

**6.1.10** Zbrojenie poszycia pawęży nie powinno być mniejsze niż zbrojenie burt. W razie zastosowania silnika przyczepnego, pawęż należy pogrubić, zastosować

dotatkowe usztywnienia lub w laminować w poszycie płytę ze sklejki. Zaleca się, aby konstrukcja pawęży spełniała wymagania normy International Council of Marine Industry Associations (Międzynarodowa Rada Stowarzyszeń Przemysłu Morskiego) ICOMIA 13-83 – „Wymiary wnętrza silnika”, lub zalecenia producenta silnika przyczepnego.

Grubość poszycia pawęży, na której montowany jest silnik przyczepny nie powinna być mniejsza niż podana w tabelicy 6.1.10.

**Tablica 6.1.10**

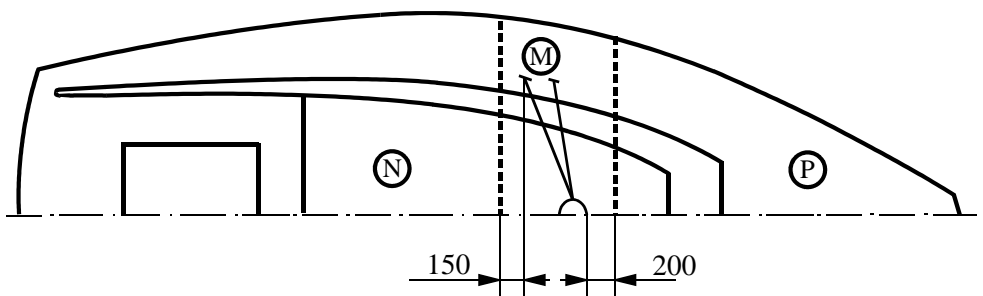
Moc silnika przyczepnego [kW]	Grubość rdzenia ze sklejki [mm]	Grubość całkowita pawęży [mm]
poniżej 7	–	15
7 – 18	15	25
18 – 30	20	30
30 – 40	25	35
40 – 90	30	40
powyżej 90	konstrukcja podlega odrębnemu rozpatrzeniu	

**6.1.11** Inne fragmenty poszycia dna i burt narażone na zwiększone obciążenia lub wycieranie powinny być odpowiednio wzmocnione. Wymaganie to dotyczy również poszycia z większymi otworami.

Poszycie o zwiększonym zbrojeniu (np. w rejonie płetwy balastowej, masztu, itp.) należy doprowadzić do najbliższych usztywnień wzdłużnych lub poprzecznych.

## 6.2 Pokład i nadbudowa

**6.2.1** Poszycie pokładu i nadbudowy powinno spełniać wymienione w tabelicy 6.2.1 kryteria, dla wszystkich rejonów poszycia, pokazanych na rys. 6.2.1.



Rys. 6.2.1

**Tablica 6.2.1**

Wymagana bazowa masa zbrojenia dla pokładu i nadbudowy, [g/m<sup>2</sup>]

Rejon	Kryterium
-------	-----------

poszycia		wytrzymałości na zginanie	sztynności	minimalnej masy zbrojenia
Pokład główny	P	$5,0ak\sqrt{h}$	$5,4ak^3\sqrt{h}$	$640\sqrt{L}$
Pokład nadbudówki	P	$5,0ak\sqrt{h}$	$5,4ak^3\sqrt{h}$	$640\sqrt{L}$
Ściany nadbudówki		$4,6ak\sqrt{h}$	$4,8ak^3\sqrt{h}$	$700\sqrt{L}$
Pokład pokładówki	N	$4,8ak\sqrt{h}$	$5,0ak^3\sqrt{h}$	$550\sqrt{L}$
Ściany pokładówki		$4,6ak\sqrt{h}$	$4,8ak^3\sqrt{h}$	$600\sqrt{L}$
Rejon masztu	M	$5,0ak\sqrt{h}$	$6,3ak^3\sqrt{h}$	$700\sqrt{L}$
Pokrywy luków		$4,6ak\sqrt{h}$	$6,3ak^3\sqrt{h}$	$640\sqrt{L}$

- $a$  – szerokość płyty poszycia, [mm],  
 $k = k_k \cdot k_p$  według 1.3.3 i 1.3.4,  
 $h$  – wysokość obciążenia według 2.4 i 2.7.

**6.2.2** Zaleca się, aby elementy poszycia pokładu i nadbudowy, po których może bezpośrednio chodzić załoga, były sztywniejsze niż jest to wymagane w 6.2.1, a bazowa masa zbrojenia  $M$  była nie mniejsza niż określona ze wzoru:

$$M = 6,2ak, \quad [\text{g/m}^2] \quad (6.2.2)$$

$a, k$  – wg 6.2.1.

**6.2.3** W rejonie mocowania elementów wyposażenia pokładowego, takich jak gniazda sztormrelingu, knagi itp., należy zwiększyć zbrojenie poszycia. Dopuszczalne jest właminowanie odpowiedniej sklejki po uzgodnieniu technologii z PRS.

**6.2.4** Wszystkie otwory w pokładzie i nadbudowie powinny mieć zaokrąglone naroża i krawędzie usztywnione zrębnicami. Poszycie w sąsiedztwie dużych otworów, szczególnie przy narożach, powinno być odpowiednio wzmocnione.

Wzmocnione poszycie z otworem i zamknięciem powinno mieć wytrzymałość i sztywność nie mniejszą niż poszycie bez otworu i wzmocnień.

### 6.3 Grodzie i zbiorniki

**6.3.1** Poszycie grodzi i zbiorników powinno spełniać kryteria wymienione w tabelicy 6.3.1.

### 6.4 Poszycie przekładkowe

**6.4.1** Zamiast stosowania poszycia masywnego, można stosować poszycie przekładkowe na burty, pokład, nadbudowy i grodzie. Dno może mieć konstrukcję przekładkową poza rejonem balastu, statecznika sterowego i fundamentem silnika napędowego.

W rejonie większych obciążeń miejscowych poszycie przekładkowe powinno przejść w poszycie masywne lub należy zastosować wypełnienie.

**Tablica 6.3.1**

Wymagana bazowa masa zbrojenia dla grodzi i zbiorników, [g/m<sup>2</sup>]

Rejon poszycia	Kryterium		
	wytrzymałości na zginanie	szttywności	minimalnej masy zbrojenia
Grodzie	$4,2ak\sqrt{h}$	$4,8ak^3\sqrt{h}$	$550\sqrt{L}$
Ściany boczne zbiorników (lub burty)	$5,4ak\sqrt{h}$	$6,3ak^3\sqrt{h}$	2400
Pokład nad zbiornikiem	$5,0ak\sqrt{h}$	$6,3ak^3\sqrt{h}$	2400

- $a$  – szerokość płyty poszycia, [mm],  
 $k = k_k \cdot k_p$  według 1.3.3 i 1.3.4,  
 $h$  – wysokość obciążenia według 2.5, 2.6 i 2.7.

**6.4.2** Wskaźnik wytrzymałości na zginanie  $W$  pasa poszycia przekładkowego o szerokości 1 mm, liczony dla pokryć, nie powinien być mniejszy niż określony ze wzorów:

- dla dna, burt, pokładu i zbiorników:

$$W = 19,5 h \left( \frac{a}{1000} \right)^2, \quad [\text{mm}^3] \quad (6.4.2-1)$$

- dla nadbudowy i grodzi:

$$W = 15,6 h \left( \frac{a}{1000} \right)^2, \quad [\text{mm}^3] \quad (6.4.2-2)$$

- $h$  – wysokość obciążenia według 2.3 ÷ 2.7;  
 $a$  – szerokość płyty poszycia, [mm].

**6.4.3** Grubość poszycia przekładkowego  $g_p$  nie powinna być mniejsza niż określona ze wzoru:

$$g_p = k_R h \frac{a}{100 R_t}, \quad [\text{mm}] \quad (6.4.3)$$

$k_R$  – współczynnik materiału rdzenia:

$$k_R = 0,89 \quad \text{dla balsy,}$$

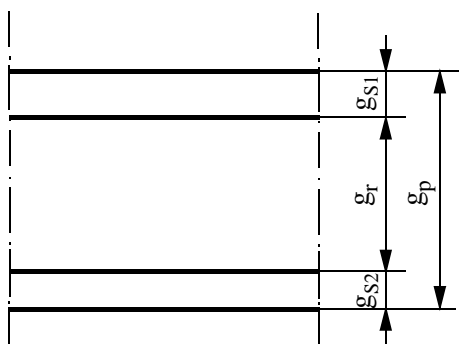
$$k_R = 0,61 + \frac{0,35}{\sqrt{n}} \quad \text{dla innych materiałów rdzeniowych,}$$

$$k_{Rmin} = 0,7,$$

$n$  – współczynnik względnej grubości rdzenia, według rysunku 6.4.3,

$h, a$  – według 6.4.2,

$R_t$  – wytrzymałość rdzenia na ścinanie, [MPa].



Rys. 6.4.3

$g_r$  – grubość rdzenia, [mm],  
 $g_{s1}, g_{s2}$  – grubość okładek, [mm],

$$n = \frac{g_r}{0,5(g_{s1} + g_{s2})},$$

**6.4.4** Obliczeniowe względne ugięcie płyty poszycia przekładkowego  $\delta$  nie powinno być większe niż określone ze wzoru:

$$\delta = \frac{h a^3}{384 E_p I_p} + \frac{h a}{8 G_r g_r} \leq \delta_d \quad (6.4.4)$$

$h, a$  – według 6.4.2,

$E_p$  – moduł sprężystości okładek przy zginaniu, [MPa],

$I_p$  – moment bezwładności pasa poszycia o szerokości 1 mm, liczony dla okładek, [mm<sup>4</sup>],

$G_r$  – moduł sprężystości postaciowej rdzenia, [MPa],

$g_r$  – według rys. 6.4.3,

$\delta_d$  – dopuszczalne względne ugięcie płyty poszycia:

$\delta_d = 1,5$  dla dna, pokładu głównego, ścian zbiorników, mało zakrzywionych fragmentów burt i tych elementów nadbudowy, po których może bezpośrednio chodzić załoga,

$\delta_d = 3,0$  dla zakrzywionych fragmentów burt i pokładów pokładówek.

**6.4.5** Zewnętrzna warstwa laminatu nie powinna mieć zbrojenia  $M$  mniejszego niż określone ze wzorów:

- dla dna i burt  $M = 360\sqrt{L}$ , [g/m<sup>2</sup>],
- dla pokładu głównego  $M = 320\sqrt{L}$ , [g/m<sup>2</sup>],
- dla nadbudowy i grodzi  $M = 300\sqrt{L}$ , [g/m<sup>2</sup>],
- dla ścian zbiorników  $M = 900$ , [g/m<sup>2</sup>],
- dla poszyc z rdzeniem z balsy  $M = 1200$ , [g/m<sup>2</sup>].

## 7 USZTYWNIENIA Z LAMINATU

### 7.1 Wymagane wskaźniki usztywnień

**7.1.1** Zastosowane usztywnienia powinny mieć wraz z pasami współpracującymi wskaźniki wytrzymałości  $W$  i momenty bezwładności  $I$  nie mniejsze niż podane w tabelicy 7.1.1 oraz spełniać dodatkowe, podane kryteria.



**Tablica 7.1.1**

Usztywnienia	$W$ [cm <sup>3</sup> ]	$I$ [cm <sup>4</sup> ]	Dodatkowe kryteria
Wzdłużniki denne	13,6 <i>hsl</i> <sup>2</sup>	26,0 <i>hsl</i> <sup>2</sup>	7.2.1 ÷ 3
Denniki	13,6 <i>hsl</i> <sup>2</sup>	22,8 <i>hsl</i> <sup>2</sup>	7.2.3 ÷ 5
Wzdłużniki burtowe	11,7 <i>hsl</i> <sup>2</sup>	26,0 <i>hsl</i> <sup>2</sup>	
Wręgi	10,3 <i>hsl</i> <sup>2</sup>	22,8 <i>hsl</i> <sup>2</sup>	
Wzdłużniki pokładowe	10,3 <i>hsl</i> <sup>2</sup>	26,0 <i>hsl</i> <sup>2</sup>	
Pokładniki	9,7 <i>hsl</i> <sup>2</sup>	22,8 <i>hsl</i> <sup>2</sup>	
Ramy wręgowe	13,6 <i>hsl</i> <sup>2</sup>	22,8 <i>hsl</i> <sup>2</sup>	7.3.1
Usztywnienia grodzi	9,7 <i>hsl</i> <sup>2</sup>	22,8 <i>hsl</i> <sup>2</sup>	
Usztywnienia zbiorników	13,6 <i>hsl</i> <sup>2</sup>	26,0 <i>hsl</i> <sup>2</sup>	

$h$  – wysokość obciążenia według 2.1 ÷ 2.7,

$s$  – podpierana szerokość poszycia, [m],

$l$  – niepodparta długość usztywnienia, [m].

**7.1.2** W rejonach mocowania elementów wyposażenia, w sąsiedztwie masztów i dużych otworów usztywnienia należy odpowiednio wzmocnić.

## 7.2 Usztywnienia denne

**7.2.1** Na jachtach bez płetwy balastowej powinien być zastosowany środkowy wzdłużnik denny, a jeżeli szerokość jachtu na wodnicy konstrukcyjnej przekracza 2,5 m, także dwa wzdłużniki boczne. Wzdłużniki te powinny być przedłużone do dziobu i do rufy tak daleko, jak to jest praktycznie możliwe.

**7.2.2** Na jachtach z płetwą balastową powinny być zastosowane co najmniej dwa wzdłużniki denne.

**7.2.3** Dno w rejonie balastu powinno być usztywnione według schematu pokazanego na rysunku 7.2.3.

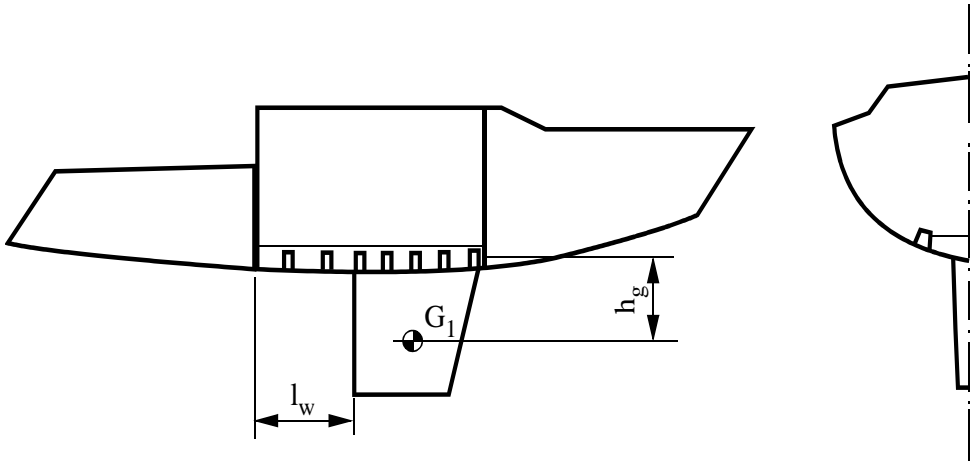
W miejscu, gdzie zaczyna się lub kończy płetwa balastowa, wskaźnik wytrzymałości wzdłużników dennych  $W_1$  nie powinien być mniejszy niż określony ze wzoru:

$$W_1 = \frac{G_1 I_w}{5 n_w}, \quad [\text{cm}^3], \quad (7.2.3-1)$$

$G_1$  – obliczeniowa masa balastu według części III – „Wyposażenie i stateczność”, [kg],

$l_w$  – odległość od początku (lub końca) płetwy balastowej do najbliższej przegrody (lub ramy wręgowej) podpierającej wzdłużniki, [m],

$n_w$  – liczba wzdłużników dennych podpierających denniki w rejonie balastu.



Rys. 7.2.3

Moment bezwładności wzdłużników dennych  $I_1$  nie powinien być mniejszy niż określony ze wzoru:

$$I_1 = 2W_1 l_w, \quad [\text{cm}^4], \quad (7.2.3-2)$$

Wskaźnik wytrzymałości denników nad płetwą balastową  $W_2$  oraz ich moment bezwładności  $I_2$  nie powinny być mniejsze niż określone ze wzorów:

$$W_2 = 13,6 h s l_d^2 + \frac{G_1 h_g}{4,5 n_d}, \quad [\text{cm}^3] \quad (7.2.3-3)$$

$$I_2 = 2W_2 l_d, \quad [\text{cm}^4] \quad (7.2.3-4)$$

$h, s$  – według 7.1.1,

$l_d$  – niepodparta długość dennika, [m],

$G_1$  – według 7.2.3-1,

$h_g$  – pionowa odległość od górnej krawędzi denników do środka masy balastu (jednak nie mniej niż  $0,4 T$ ), [m],

$n_d$  – liczba denników usztywniających dno w rejonie balastu.

**7.2.4** Wskaźnik wytrzymałości denników nad statecznikiem sterowym  $W_s$  oraz ich moment bezwładności  $I_s$  nie powinny być mniejsze niż określone ze wzorów:

$$W_s = 13,6 h s l_d^2 + \frac{R_l h_s}{45 n_s}, \quad [\text{cm}^3] \quad (7.2.4-1)$$

$$I_s = 2W_s l_d, \quad [\text{cm}^4] \quad (7.2.4-2)$$

$h, s$  – według 7.1.1,

$l_d$  – niepodparta długość dennika, [m],

$R_l$  – siła działająca na dolne łożysko steru obliczana według części III  
– „Wyposażenie i stateczność”, [N],

$h_s$  – wysokość statecznika sterowego, [m],

$n_s$  – liczba denników usztywniających dno w rejonie statecznika.

**7.2.5** Dziobowa część dna od dziobu do balastu, lub dla jachtów motorowych od dziobu do owręża, powinna być usztywniona dennikami odpowiadającymi wymaganom 7.1.1, przy przyjęciu niepodpartej długości nie mniejszej niż  $0,4 B$ . Denniki takie należy również stosować w rejonie fundamentu silnika.

### 7.3 Ramy wręgowe

**7.3.1** Zastosowane ramy wręgowe powinny być ciągłą konstrukcją łączącą denniki z wręgami i pokładnikami i spełniać wymagania 7.1.1 przy założeniu, że niepodparte długości usztywnień  $l$  nie będą mniejsze niż:

- odległość od środka dna do obła (dla dennej części ramy),
- odległość od krawędzi pokład – burta do obła (dla części wręgowej),
- pół szerokości pokładu w danym miejscu (dla części pokładnikowej).

Jeżeli zastosowano podpory we wnętrzu ramy, wówczas obliczeniową niepodpartą długość usztywnienia  $l$  można odpowiednio zmniejszyć.

### 7.4 Wymagania konstrukcyjne

**7.4.1** Zbrojenie każdej ścianki środnika usztywnienia trapezowego  $M$  nie powinno być mniejsze niż określone ze wzoru:

$$M = 10d + 450, \quad [\text{g/m}^2] \quad (7.4.1-1)$$

$d$  – wysokość usztywnienia, [mm].

Zbrojenie środnika usztywnienia kątownikowego lub teownikowego powinno być dwukrotnie większe od podanego wyżej.

Zbrojenie mocnika usztywnienia  $M$  nie powinno być mniejsze niż określone ze wzoru:

$$M = 15m + 450, \quad [\text{g/m}^2] \quad (7.4.1-2)$$

$m$  – szerokość mocnika, [mm].

**7.4.2** Jeżeli ze względów konstrukcyjnych zastosowano usztywnienia znacznie wyższe od wymaganych w Przepisach, można nie uwzględniać wymagań 7.4.1 pod warunkiem zabezpieczenia powierzchni usztywnień przed wyboczeniem.

**7.4.3** W razie zastosowania usztywnień całkowicie prefabrykowanych, ich przylaminowania do poszycia  $M$  nie powinny być mniejsze niż określone ze wzoru:

$$M = 10d + 450, \quad [\text{g/m}^2] \quad (7.4.3)$$

**7.4.4** Poprzeczne i wzdłużne przegrody mogą stanowić usztywnienia pod warunkiem odpowiedniego zabezpieczenia ich przed wyboczeniem i odpowiedniego przylaminowania ich do poszycia.

**7.4.5** Elementy wewnętrznych poszyc (moduły wstawkowe) mogą być uznane za układ usztywnień pod warunkiem spełnienia wymagań podanych w 7.1 ÷ 7.4.3.

**7.4.6** Przy zastosowaniu usztywnień trapezowych i podobnych, o zamkniętym profilu, zaleca się wypełnienie ich pianką o zamkniętych komórkach. Stosowanie usztywnień z drewna lub sklejki całkowicie oblaminiowanych nie jest zalecane, a na usztywnienia dna niedopuszczalne. Dopuszcza się zastosowanie drewna klejonego odpornego na gnicie jako oparcia pięty masztu na dnie.

**7.4.7** Przybliżone wartości wskaźnika wytrzymałości usztywnień  $W$  podano w tablicy 7.4.7.

**Tablica 7.4.7**

Przybliżone wartości wskaźnika wytrzymałości usztywnień, [cm<sup>3</sup>]

Wysokość usztywnienia, [mm]	Zbrojenia poszycia, [g/m <sup>2</sup> ]	Zbrojenie mocnika usztywnienia × szerokość mocnika: [kg/m <sup>2</sup> ] × [mm]								
		80	160	240	320	400	560	720	800	960
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
20	2000	5,3	10	15	20	24	32	–	–	–
	4000	6,6	12	17	23	28	38	48	54	66
	6000	–	15	21	27	33	44	55	62	75
	8000	–	–	26	31	38	51	63	71	85
40	2000	11	19	28	36	43	58	–	–	–
	4000	12	21	31	40	49	66	83	91	108
	6000	14	24	34	43	53	72	91	100	119
	8000	–	27	37	48	58	78	98	109	129
60	2000	19	31	43	54	66	87	–	–	–
	4000	21	34	48	59	71	96	120	132	155
	6000	23	36	50	63	78	103	129	142	167
	8000	25	40	53	67	81	110	137	151	178
80	2000	30	46	60	75	89	118	–	–	–
	4000	33	50	65	81	97	130	161	175	205
	6000	35	53	69	86	103	137	170	186	219
	8000	38	56	74	91	109	145	180	197	231
100	2000	41	60	78	95	114	150	–	–	–
	4000	44	65	84	103	123	163	201	219	254
	6000	47	69	89	109	130	171	212	231	270
	8000	50	75	93	114	136	179	222	242	283
120	2000	59	81	102	122	144	186	–	–	–
	4000	64	88	110	132	156	202	248	268	310
	6000	68	93	116	139	164	213	261	283	328
	8000	72	98	122	146	171	222	272	295	343
150	2000	91	118	143	167	194	246	–	–	–
	4000	89	129	155	181	210	267	323	348	398
	6000	105	136	163	191	221	281	340	366	421
	8000	110	142	170	199	230	292	363	380	438
180	2000	133	165	193	221	252	314	–	–	–
	4000	146	180	210	241	274	341	408	436	496
	6000	154	190	222	254	289	369	429	456	522
	8000	162	198	231	264	301	373	445	476	543

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
210	2000	202	238	269	300	336	407	–	–	–
	4000	221	260	294	327	366	442	518	549	617
	6000	235	276	311	346	386	466	545	578	550
	8000	247	288	325	361	402	485	567	602	677
240	2000	252	293	328	362	403	483	–	–	–
	4000	277	321	358	395	439	525	611	646	722
	6000	294	340	379	418	463	553	643	680	761
	8000	308	355	395	438	483	575	688	707	791
270	2000	332	378	415	453	498	597	–	–	–
	4000	364	413	453	494	542	637	732	770	854
	6000	387	437	480	522	572	672	771	812	901
	8000	405	457	501	545	597	699	802	844	937
300	2000	397	447	489	530	579	677	–	–	–
	4000	436	489	533	578	630	736	839	881	974
	6000	463	518	565	611	666	775	884	929	1047
	8000	484	541	590	638	694	807	919	966	1068
330	2000	503	558	602	646	700	807	–	–	–
	4000	551	608	656	703	760	874	987	1032	1131
	6000	585	645	696	744	803	922	1040	1087	1193
	8000	613	678	726	777	838	960	1082	1131	1241
360	2000	584	644	691	738	797	912	–	–	–
	4000	639	702	763	803	865	988	1101	1159	1267
	6000	680	744	798	851	915	1043	1171	1222	1335
	8000	712	778	833	889	955	1087	1218	1271	1389

## 8 WYTRZYMAŁOŚĆ OGÓLNA KADŁUBA Z LAMINATU

### 8.1 Uwagi ogólne

**8.1.1** Wytrzymałość ogólna konstrukcji kadłuba z laminatu powinna być sprawdzona dla jachtów:

- z poszyciem monolitycznym o długości  $L > 20$  m,
- z poszyciem przekładkowym o długości  $L > 10$  m.

**8.1.2** Sprawdzenie wytrzymałości ogólnej polega na obliczeniu wskaźnika wytrzymałości na zginanie kadłuba na owrężu.

**8.1.3** Wytrzymałość ogólna jachtów wielokadłubowych będzie odrębnie rozpatrywana przez PRS.

### 8.2 Wskaźnik wytrzymałości kadłuba na zginanie

**8.2.1** Wskaźnik wytrzymałości kadłuba na zginanie  $W_k$  nie powinien być mniejszy niż określony ze wzoru:

$$W_k = 55L_w^2 B_w (C_b + 0,7), \quad [\text{cm}^3] \quad (8.2.1)$$

$B_w$  – szerokość jachtu w linii wodnej, [m];

$C_b$  – współczynnik pełnotliwości podwodzia.

Dla jachtów uprawiających żeglugę w rejonie III ze stałymi ograniczeniami pogodowymi lub w rejonie V, można przyjąć wskaźnik  $W_k$  mniejszy o 15%.

**8.2.2** W płaszczyźnie poprzecznej masztu wskaźnik wytrzymałości kadłuba  $W_m$  nie powinien być mniejszy niż określony ze wzoru:

$$W_m = 45 J V_{fs} \cos \beta_{fs}, \quad [\text{cm}^3] \quad (8.2.2)$$

$J$  – podstawa trójkąta przedniego określona według części VII – „Osprzęt żaglowy”, [m],

$V_{fs}$  – siła niszcząca forsztąg określona według części VII – „Osprzęt żaglowy”, [kN],

$\beta_{fs}$  – kąt zawarty między forsztągiem i masztem.

**8.2.3** Podane w 8.2.1 i 8.2.2 wzory odnoszą się do laminatu przepisowego (patrz 5.4). Przy obliczaniu wskaźnika wytrzymałości kadłuba z laminatu o innych właściwościach przekroje należy pomnożyć przez współczynnik  $k$  określony ze wzoru:

$$k = \frac{E_g}{7300} \quad (8.2.3)$$

$E_g$  – moduł sprężystości poszycia i usztywnień wzdłużnych, [MPa].

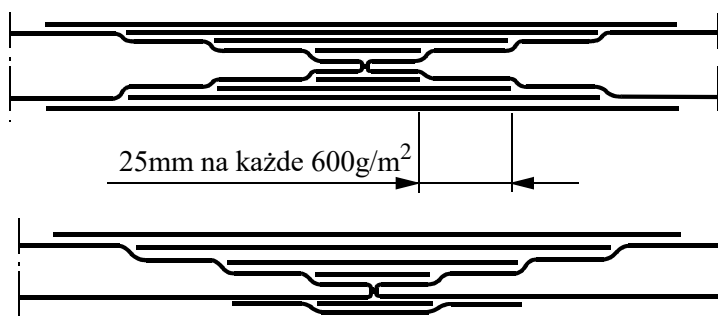
## 9 POŁĄCZENIA POWŁOK Z LAMINATU

### 9.1 Uwagi ogólne

Przedstawione przykłady połączeń powłok z laminatu należy traktować jako rozwiązania zalecane. Inne rozwiązania mogą być zaakceptowane po stwierdzeniu równoważności wytrzymałości połączeń.

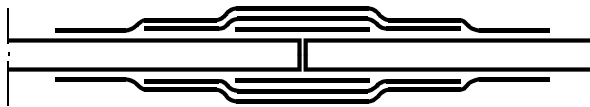
### 9.2 Połączenia na styk

**9.2.1** Przy połączeniach na styk dobre wytrzymałościowo złącza uzyskuje się przy schodkowym ukosowaniu obu łączonych elementów, jak pokazano na rys. 9.2.1.



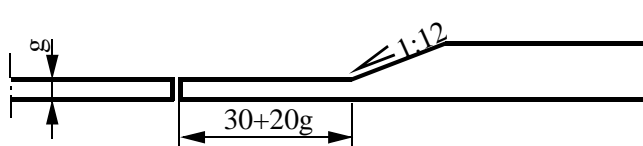
Rys. 9.2.1

**9.2.2** Mniej obciążone elementy mogą być łączone bez ukosowania, jak pokazano na rys. 9.2.2. Liczba warstw laminatu łączącego z każdej strony nie powinna być mniejsza od liczby warstw w laminacie cieńszego elementu.



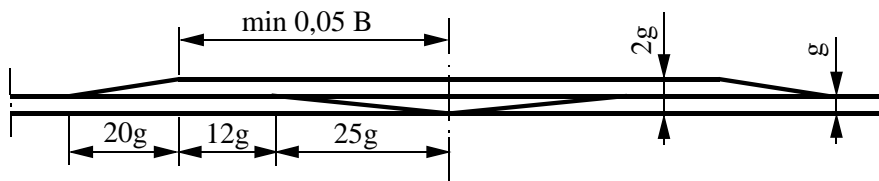
Rys. 9.2.2

**9.2.3** Przy łączeniu elementów o różnej grubości, należy przed rejonem złącza zmniejszyć grubość masywniejszego elementu, jak pokazano na rys. 9.2.3.



Rys. 9.2.3

**9.2.4** W razie łączenia ze sobą dwóch połówek poszycia kadłuba wzdłuż, należy stosować się do wymagań 6.1.3. Połączenie to może być rozwiązane tak, jak pokazano na rys. 9.2.4, lub w inny uzgodniony sposób.



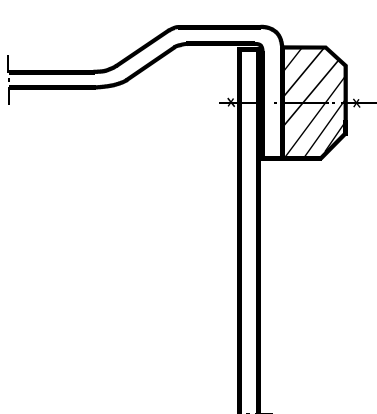
Rys. 9.2.4

### 9.3 Połączenie pokładu z burtami

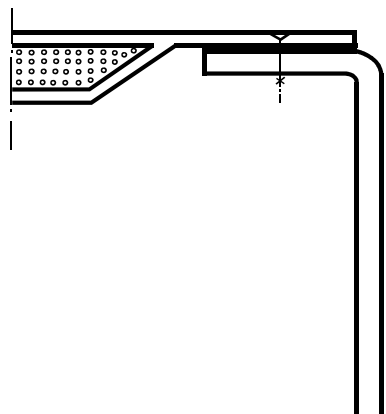
**9.3.1** Połączenie pokładu z burtami powinno przenieść obciążenie zginające pochodzące od obciążenia pokładu i burt oraz obciążenia ścinające od skręcania kadłuba jachtu.

**9.3.2** Zaleca się stosowanie złącz zakładkowych wzmocnionych śrubami lub odpowiednimi nitami.

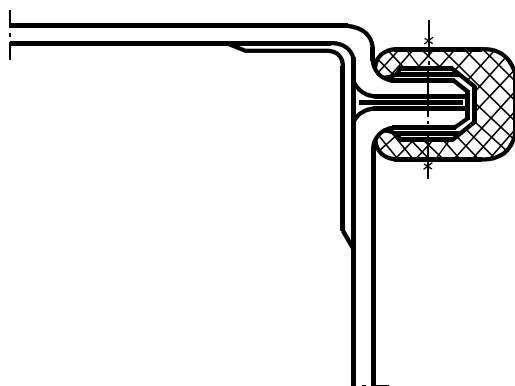
**9.3.3** Przykłady prawidłowych połączeń pokazano na rys. 9.3.3-1 ÷ 4. Masa zbrojenia przylaminowania nie powinna być mniejsza niż 40% zbrojenia poszycia burtowego.



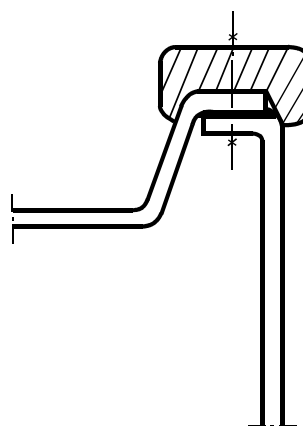
Rys. 9.3.3-1



Rys. 9.3.3-2



Rys. 9.3.3-3



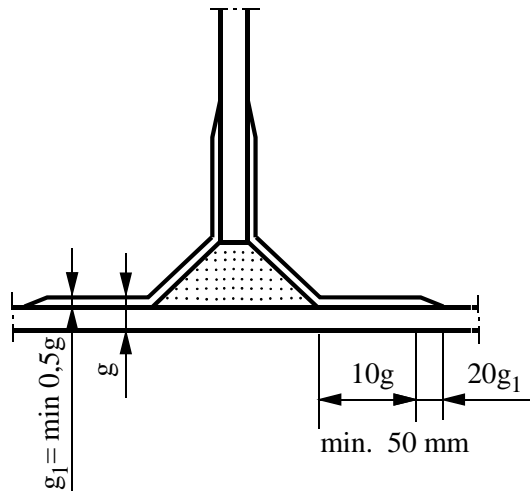
Rys. 9.3.3-4

## 9.4 Połączenie grodzi z poszyciem zewnętrznym

**9.4.1** Przy wykonywaniu połączenia grodzi z poszyciem zewnętrznym należy stosować przylaminowania o grubości nie mniejszej niż połowa grubości burty. Jednocześnie należy unikać zbyt sztywnego połączenia. Na jachtach o długości większej niż 9 m zaleca się stosowanie pomiędzy grodzią i poszyciem podkładu z laminatu wykonanego z maty oraz żywicy o dużym wydłużeniu względnym oraz elastycznych wstawek z pianki rdzeniowej.

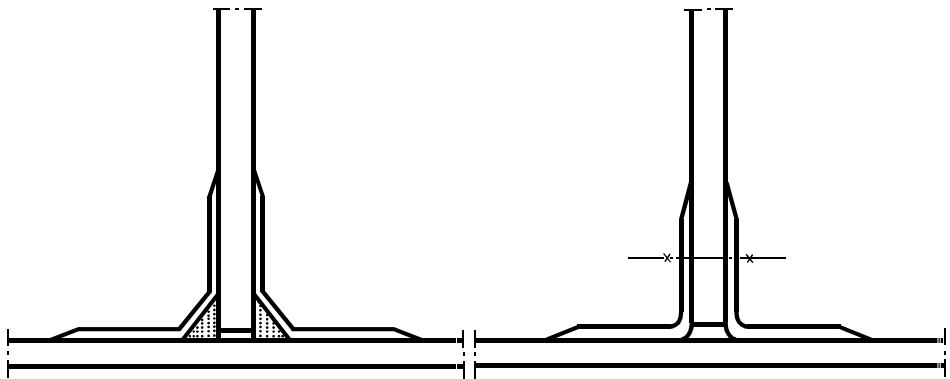
**9.4.2** Zalecane połączenia grodzi z poszyciem zewnętrznym pokazano na rys. 9.4.2.





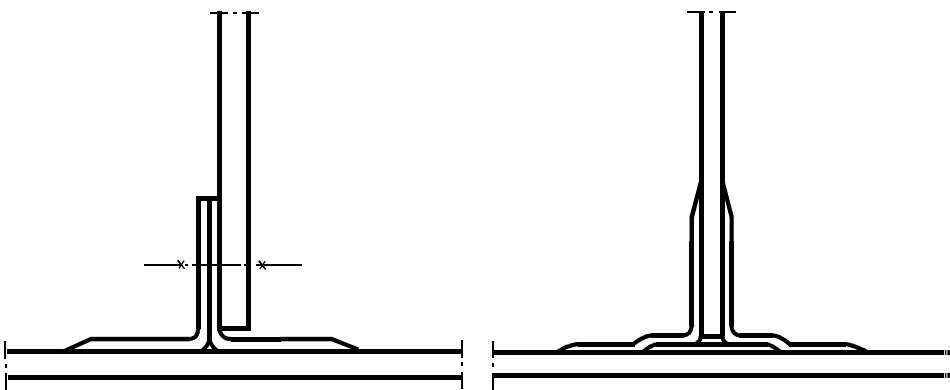
Rys. 9.4.2

**9.4.3** Rozwiązania dopuszczalne na jachtach o długości nie większej niż 9 m pokazano na rys. 9.4.3-1 ÷ 4.



Rys. 9.4.3-1

Rys. 9.4.3-2



Rys. 9.4.3-3

Rys. 9.4.3-4

## 9.5 Mocowanie elementów wybudowy wnętrza

**9.5.1** Przy łączeniu elementów wybudowy wnętrza z poszyciem zbrojenie każdego z dwóch przylaminowań nie powinno być mniejsze niż:

- dla elementów z laminatu masywnego – 50% zbrojenia cieńszego elementu,
- dla elementów poszyc przekładkowych – 100% zbrojenia cieńszej okładki.

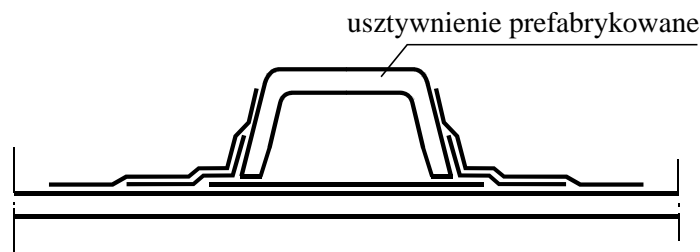
Jeżeli zastosowano przylaminowanie jednostronne, powyższe wartości należy podwoić.

**9.5.2** Zbrojenie przylaminowań nie powinno być w zasadzie mniejsze niż:

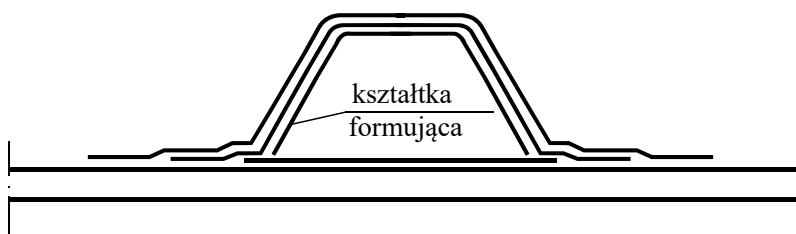
- 1800 g/m<sup>2</sup> (lub 2 × 900 g/m<sup>2</sup>) dla elementów konstrukcyjnych wzmacniających bezpośrednio poszycie zewnętrzne,
- 1200 g/m<sup>2</sup> (lub 2 × 600 g/m<sup>2</sup>) dla elementów mniej obciążonych.

## 9.6 Mocowanie usztywnień

**9.6.1** Usztywnienia z kształtek wykonanych z laminatu można łączyć z poszyciem w sposób pokazany na rysunkach 9.6.1-1 ÷ 2.



Rys. 9.6.1-1



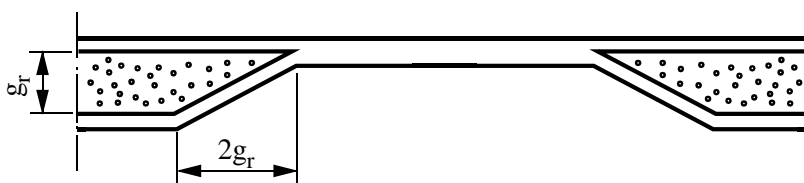
Rys. 9.6.1-2

W obu rozwiązaniach zbrojenie przylaminowania nie powinno być mniejsze niż zbrojenie środka usztywnienia.

**9.6.2** Na jachtach o długości większej niż 9 m zaleca się stosowanie podkładu wykonanego z laminatu z maty oraz żywicy o dużym wydłużeniu.

## 9.7 Poszycie przekładkowe

**9.7.1** W miejscach montażu wyposażenia piankę rdzeniową należy zastąpić poszyciem masywnym, jak pokazano na rys. 9.7.1. Dopuszczalne jest właminowanie odpowiedniej sklejki po uzgodnieniu technologii z PRS.



Rys. 9.7.1

**9.7.2** Ukosowanie pianki rdzeniowej przy wszystkich przejściach poszycia przekładkowego w masywne nie powinno być mniejsze niż 1:2.

## 10 KONSTRUKCJE METALOWE

### 10.1 Wymagania ogólne

**10.1.1** Metale zastosowane w konstrukcji kadłuba powinny odpowiadać wymaganiom części VI – „Materiały”.

**10.1.2** W razie zastosowania natryskowego obustronnego cynkowania powierzchni kadłuba stalowego, grubość jego poszycia i wskaźniki wytrzymałości usztywnień można zmniejszyć o 10% w stosunku do wymaganych w Przepisach.

**10.1.3** Elementy poszyc i usztywnień narażone na wzmożoną korozję, jak zęzy, zbiorniki wody i paliwa oraz splywniki zaleca się wykonywać z blachy grubszej, niż to jest wymagane i nie cieńszej niż 3 mm.

### 10.2 Warunki budowy

**10.2.1** Miejsce, w którym odbywa się spawanie powinno być chronione przed mrozem i wilgocią oraz, zwłaszcza przy spawaniu w osłonie gazów obojętnych, przed wiatrem i przeciągami.

W razie występowania mrozów (poniżej  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) należy zapewnić odpowiednie wykonanie spoin przez osłonięcie i podgrzanie części konstrukcji. Przy spawaniu grubszych blach należy unikać szybkiego chłodzenia spoiny.

**10.2.2** Spawanie może wykonywać wyłącznie spawacz posiadający uprawnienia PRS. Przy jednostkowej budowie amatorskiej dopuszcza się możliwość zdobycia takich uprawnień w trakcie budowy kadłuba jachtu.

**10.2.3** Elektrody muszą bezwzględnie być suche.

**10.2.4** Konserwację kadłuba metalowego należy przeprowadzić w warunkach zalecanych przez producenta powłok ochronnych.

### **10.3 Metal bazowy**

**10.3.1** Podane w dalszych rozdziałach wymagania odnoszą się do konstrukcji ze stali o własnościach:

$$R_m = 400 \text{ MPa,}$$

$$R_e = 235 \text{ MPa,}$$

$$E = 210000 \text{ MPa.}$$

**10.3.2** Przy zastosowaniu stali o innych własnościach lub stopu aluminium, grubość poszyc  $g_1$  oraz wskaźnik wytrzymałości usztywnień  $W_1$  nie powinny być mniejsze niż określone ze wzorów:

– dla kryterium wytrzymałości na zginanie:

$$g_1 = g \sqrt{\frac{635}{R_m + R_e}}, \quad [\text{mm}] \quad (10.3.2-1)$$

– dla kryterium sztywności:

$$g_1 = g \sqrt[3]{\frac{210\,000}{E}}, \quad [\text{mm}] \quad (10.3.2-2)$$

$$W_1 = W \frac{635}{R_m + R_e}, \quad [\text{cm}^3] \quad (10.3.2-3)$$

$g$  – wymagana bazowa grubość poszycia, według 11;

$W$  – wymagany wskaźnik wytrzymałości dla metalu bazowego, według 12;

$R_m$  – wytrzymałość na rozciąganie zastosowanego materiału, jednakże nie należy przyjmować wartości większej niż 600 MPa;

$R_e$  – granica plastyczności zastosowanego materiału, [MPa];

$E$  – moduł sprężystości zastosowanego materiału, [MPa].

## **11 POSZYCIE STALOWE**

### **11.1 Grubości wymagane**

**11.1.1** Grubość poszycia stalowego  $g$  nie powinna być mniejsza niż podano w tablicy 11.1.1 oraz powinna spełniać dodatkowe, podane kryteria.

**Tablica 11.1.1**  
Bazowe grubości poszycia stalowego, [mm]

Rejon poszycia	Kryterium		Dodatkowe kryteria
	wytrzymałości na zginanie	grubości minimalnej	
Rejon płetwy balastowej	$5,2ak\sqrt{h}$	$1,20\sqrt{L}$	
Stępka, stewy	$5,2ak\sqrt{h}$	$1,10\sqrt{L}$	
Dno	$5,0ak\sqrt{h}$	$0,90\sqrt{L}$	
Burty	$5,0ak\sqrt{h}$	$0,85\sqrt{L}$	
Integralna płetwa balastowa	$5,2ak\sqrt{h}$	$1,20\sqrt{L}$	
Integralny statecznik sterowy	$5,2ak\sqrt{h}$	$1,10\sqrt{L}$	
Pokład główny	$5,0ak\sqrt{h}$	$0,75\sqrt{L}$	11.1.2 ÷ 5
Pokładówki	$4,8ak\sqrt{h}$	$0,70\sqrt{L}$	11.1.2 ÷ 5
Grodzie	$4,8ak\sqrt{h}$	$0,60\sqrt{L}$	
Ściany zbiorników integralnych	$5,2ak\sqrt{h}$	$0,80\sqrt{L}$	

$a$  – szerokość płyty poszycia, [m],

$k = k_k \cdot k_p$  według 1.3.3 i 1.3.4,

$h$  – wysokość obciążenia według 2.2 ÷ 2.7.

**11.1.2** Płaskie i mało zakrzywione płyty poszyc i tych elementów nadbudowy, po których może chodzić załoga, powinny mieć ze względu na wymaganą sztywność grubość  $g$  nie mniejszą niż określona ze wzoru:

$$g = 5,3ak^2\sqrt{h}, \quad [\text{mm}] \quad (11.1.2)$$

$a, k, h$  – według 11.1.1

należy przyjmować  $h \geq 0,5$  m.

**11.1.3** W razie zastosowania dna podwójnego, jego poszycie nie powinno być cieńsze niż poszycie burt, a w rejonie maszynowni grubsze o 1 mm od poszycia burt.

Poszycie dna wewnętrznego powinno być usztywnione podobnie jak dno zewnętrzne.

**11.1.4** Wszystkie otwory w pokładzie i nadbudowie powinny mieć zaokrąglone naroża oraz krawędzie usztywnione zrębnicami.

## 12 USZTYWNIENIA STALOWE

### 12.1 Wymagane wskaźniki usztywnień

**12.1.1** Wskaźniki wytrzymałości na zginanie zastosowanych usztywnień stalowych  $W$  nie powinny być mniejsze niż podane w tablicy 12.1.1 oraz powinny spełniać dodatkowe, podane kryteria.

**Tablica 12.1.1**

Usztywnienia	$W$ [cm <sup>3</sup> ]	Dodatkowe kryteria
Wzdłużniki denne	$3,5 hsl^2$	12.3
Denniki	$3,5 hsl^2$	12.3
Wzdłużniki burtowe	$3,0 hsl^2$	
Wręgi	$2,6 hsl^2$	12.4
Wzdłużniki pokładowe	$2,6 hsl^2$	12.5.4
Pokładniki	$2,4 hsl^2$	12.5.1 ÷ 12.5.3
Ramy wręgowe	$3,5 hsl^2$	
Usztywnienia grodzi	$2,4 hsl^2$	
Usztywnienia zbiorników	$3,5 hsl^2$	

$h$  – wysokość obciążenia według 2.1 ÷ 2.7,

$s$  – podpierana szerokość poszycia, [m],

$l$  – niepodparta długość usztywnienia, [m].

## 12.2 Stępka i stewy

**12.2.1** Stępka płaska, dziobnica i tylnica gięte z blach powinny odpowiadać wymaganiam podanym w 11.1.1.

Szerokość  $b$  tych elementów nie powinna być mniejsza niż określona ze wzorów:

$$b = 0,10 B \text{ [mm]} \quad \text{– dla stępki na śródkręciu,} \quad (12.2.1-1)$$

$$b = 0,06 B \text{ [mm]} \quad \text{– dla dziobnicy i tylnicy jachtu żaglowego,} \quad (12.2.1-2)$$

$$b = 0,08 B \text{ [mm]} \quad \text{– dla tylnicy jachtu żaglowego z przejściem} \quad (12.2.1-3)$$

linii wału silnika pomocniczego o mocy  
nie większej niż 40 kW.

**12.2.2** Grubość stępki belkowej  $g$  oraz jej wysokość  $h$  nie powinny być mniejsze niż określone ze wzorów:

$$g = 0,4L + 8, \quad \text{[mm]} \quad (12.2.2-1)$$

$$h = 2L + 60, \quad \text{[mm]} \quad (12.2.2-2)$$

**12.2.3** Grubość dziobnicy i tylnicy belkowej  $g$  oraz ich wysokość  $h$  nie powinny być mniejsze niż określone ze wzorów:

$$g = 0,5L + 3, \quad \text{[mm]} \quad (12.2.3-1)$$

$$h = 2L + 50, \quad \text{[mm]} \quad (12.2.3-2)$$

**12.2.4** Grubość tylnicy belkowej  $g$ , na której zawieszono ster oraz jej wysokość  $h$  nie powinny być mniejsze niż określone ze wzorów:

$$g = 0,7L + 5, \quad \text{[mm]} \quad (12.2.4-1)$$

$$h = 1,2L + 80, \quad \text{[mm]} \quad (12.2.4-2)$$

**12.2.5** Grubość tylnicy belkowej  $g$  z przejściem linii wału silnika o mocy większej niż 40 kW oraz jej wysokość  $h$  nie powinny być mniejsze niż określone ze wzorów:

$$g = L + 12, \quad [\text{mm}] \quad (12.2.5-1)$$

$$h = L + 80, \quad [\text{mm}] \quad (12.2.5-2)$$

Ostroga sterowa takiej tylnicy powinna odpowiadać wymaganiom wytrzymałościowym określonym w części III – „Wyposażenie i stateczność”.

**12.2.6** W razie zastosowania na jachcie motorowym tylnicy spawanej, jej szerokość  $b$  w okolicy pochwy wału napędowego oraz grubość  $g$  nie powinny być mniejsze niż określone ze wzorów:

$$b = 18L + 110, \quad [\text{mm}] \quad (12.2.6-1)$$

$$g = 0,15L + 7, \quad [\text{mm}] \quad (12.2.6-2)$$

W odległości 0,25 rozpiętości tylnicy od przekroju maksymalnego, szerokość  $b$  nie powinna być mniejsza niż 80% szerokości określonej ze wzoru 12.2.6–1.

### 12.3 Usztywnienia denne

**12.3.1** Przy poprzecznym układzie wiązań denniki powinny być umieszczone na każdym wręgu. Denniki te powinny być wykonane z blachy tej samej grubości, co poszycie dna.

**12.3.2** Wysokość  $h$  mierzona od stępki płaskiej lub od przejścia wewnętrznej linii poszycia kadłuba w poszycie płetwy balastowej do górnej krawędzi denników, z wyjątkiem denników od osi steru do rufy, nie powinna być mniejsza niż określona ze wzoru:

$$h = (18L + 220)s, \quad [\text{mm}] \quad (12.3.2)$$

$s$  – podpierana szerokość poszycia, [m].

**12.3.3** Jeżeli rozpiętość dennika przekracza 75 jego grubości, na jego górnej krawędzi należy zastosować mocnik, którego szerokość nie powinna być mniejsza niż 10 grubości dennika.

**12.3.4** Wskaźnik wytrzymałości denników nad płetwą balastową  $W_b$  nie powinien być mniejszy niż określony ze wzoru:

$$W_b = 3,5 h s l_d^2 + \frac{G_1 h_g}{17,5 n_d}, \quad [\text{cm}^3] \quad (12.3.4)$$

$h$  – wysokość obciążenia według 2.2 i 2.7,

$s$  – podpierana szerokość poszycia, [m],

$l_d$  – niepodparta długość dennika, [m],

$G_1$  – obliczeniowa masa balastu według części III – „Wyposażenie i stateczność”, [kg],

$h_g$  – pionowa odległość od środka masy balastu do górnej krawędzi denników (jednak nie mniej niż  $0,4 T$ ), [m],

$n_d$  – liczba denników usztywniająca dno w rejonie balastu.

**12.3.5** Wskaźnik wytrzymałości denników nad statecznikiem sterowym  $W_s$  nie powinien być mniejszy niż określony ze wzoru:

$$W_s = 3,5 h s l_d^2 + \frac{R_1 h_s}{175 n_s}, \quad [\text{cm}^3] \quad (12.3.5)$$

$h, s, l_d$  – według 12.3.4,

$R_1$  – siła działająca na dolne łożysko steru według części III – „Wyposażenie i stateczność”, [N],

$h_s$  – wysokość statecznika sterowego, [m],

$n_s$  – liczba denników usztywniających dno w rejonie statecznika.

**12.3.6** Dennik, na którym oparty jest maszt lub podpora masztowa, powinien być połączony konstrukcją wzdłużną z dennikami sąsiednimi.

**12.3.7** W razie zastosowania dna podwójnego wysokość denników w płaszczyźnie symetrii nie powinna być mniejsza niż 650 mm.

Poszycie szczelnych denników dna podwójnego powinno spełniać wymagania dotyczące ścian zbiorników integralnych.

## 12.4 Usztywnienia burtowe

**12.4.1** Przy poprzecznym systemie wiązań, w rejonie masztu powinny być zastosowane wręgi wzmocnione o 50%. Liczba wzmocnionych wręgów nie powinna być mniejsza niż podana w tabelicy 12.4.1.

**Tablica 12.4.1**

Wysokość boczna $H$ , [m]	Liczba wzmocnionych wręgów
$H \leq 3$	1
$3 < H \leq 4$	2
$H > 4$	3

**12.4.2** Zakończenia fundamentów silników o mocy większej niż 200 kW powinny być oparte o ramy wręgowe.

## 12.5 Usztywnienia pokładu

**12.5.1** Przy poprzecznym układzie wiązań pokładniki powinny być zastosowane na każdym wręgu. Na jachtach o długości nie większej niż 12 m, w rejonie przejścia pokładowego obok pokładowek można stosować pokładniki na co drugim wręgu.

**12.5.2** Wskaźnik wytrzymałości pokładników łączących się z wręgami wzmocnionymi powinien być podwojony.

**12.5.3** Pokładniki w miejscu montażu większych elementów wyposażenia lub na krawędziach dużych otworów powinny być odpowiednio wzmocnione lub podparte.



**12.5.4** Wysokość środka wzdłużnika podpierającego pokładniki nie powinna być mniejsza niż 0,04 jego niepodpartej długości lub 1,5 wysokości podpieranych pokładników.

## **12.6 Ramy wręgowe**

Przy wzdłużnym układzie usztywnień poszycia kadłuba powinny być zastosowane ramy wręgowe, które powinny być konstrukcją ciągłą, łączącą denniki z wręgami i pokładnikami.

Do wzorów 12.1.1 należy podstawić niepodparte długości części ramy, nie mniejsze jednak niż:

- odległość od środka dna do obła (dla dennej części ramy),
- odległość od krawędzi pokład – burta do obła (dla części wręgowej),
- pół szerokości pokładu w danym miejscu (dla części pokładnikowej).

Jeżeli zastosowano podpory we wnętrzu ramy, obliczeniową niepodpartą długość usztywnienia  $l$  można odpowiednio zmniejszyć.

## **13 POŁĄCZENIA SPAWANE**

### **13.1 Wymagania ogólne**

**13.1.1** Materiały stosowane do spawania powinny być uznane przez PRS zgodnie z wymaganiami części IX – „Materiały i spawanie” Przepisów klasyfikacji i budowy statków morskich.

### **13.2 Szczegóły konstrukcyjne**

**13.2.1** Połączenia spawane powinny być zaprojektowane tak, aby podczas wykonywania były łatwo dostępne.

Spawanie należy wykonać w odpowiedniej kolejności w celu utrzymania naprężeń pospawalniczych i odkształceń na możliwie niskim poziomie. W miarę możliwości spawanie powinno odbywać się w pozycji podolnej.

**13.2.2** Należy unikać małych odstępów między spoinami. Równoległe spoiny czołowe nie powinny znajdować się w odległości mniejszej niż 100 mm. Spoina pachwinowa powinna być oddalona od spoiny czołowej o co najmniej 50 mm.

**13.2.3** Spoiny pachwinowe ciągłe mogą być stosowane przy łączeniu następujących elementów konstrukcji:

- poszycia,
- stępki i stew,
- denników do stępki,
- fundamentów silników i innych urządzeń,
- węzłówek do usztywnień,
- zakończeń usztywnień na długości 1,5 ich wysokości.

Przerywane spoiny pachwinowe powinny być stosowane przy łączeniu usztywnień do poszycia. Jeżeli usztywnienia łączone są ze sobą bez węzłówek, to połączenie takie należy wykonać spoinami ciągłymi.

### 13.3 Spoiny czołowe

**13.3.1** Przy ręcznym spawaniu blach o grubości nie większej niż 5 mm można zrezygnować z ukosowania krawędzi. Blachy grubsze niż 5 mm należy ukosować na V lub na X. Połączenia czołowe należy spawać dwustronnie; w razie uzyskania ciągłego przetopu grani w blachach o grubości nie większej niż 3 mm można zrezygnować z podpawania.

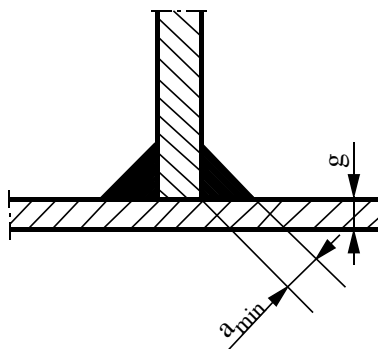
**13.3.2** Jeżeli elementy spawane czołowo różnią się grubością o więcej niż 25% mniejszej grubości lub więcej niż 3 mm, to grubszy element należy ukosować w stosunku 1 : 3.

### 13.4 Spoiny pachwinowe

**13.4.1** Grubość spoin pachwinowych  $a$  nie powinna być mniejsza od podanych w tablicy 13.4.1.

**Tablica 13.4.1**

Grubość elementu spawanego $g$ , [mm]	Grubość spoiny $a$ , [mm]
< 4	2,0
4 ÷ 6,5	2,5
6,5 ÷ 8	3,0
> 8	3,5



Rys. 13.4.1

**13.4.2** Przy przerywanych spoinach pachwinowych zaleca się stosowanie wymiarów podanych w tablicy 13.4.2.

**Tablica 13.4.2**

Grubość elementów $g$ , [mm]	Długość spoiny $l$ , [mm]	Podziałka spoiny $t$ , [mm]
3 ÷ 4,5	25	100
5 ÷ 6,5	30	120
7 ÷ 8,5	40	160
> 9	55	220

### 13.5 Spawanie na zakładkę

**13.5.1** W miarę możliwości należy unikać złączy spawanych na zakładkę.

**13.5.2** Przy połączeniach na zakładkę szerokość zakładki  $l$  nie powinna być mniejsza niż określona ze wzoru:

$$l = 1,5g + 15, \quad [\text{mm}] \quad (13.5.2)$$

$g$  – grubość cieńszego elementu.

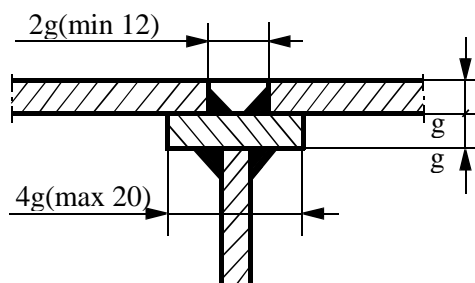
Zastosowana przy tym spoina pachwinowa musi być ciągła i dookoła zamknięta.

### 13.6 Spawanie otworowe

**13.6.1** Długość otworów  $l$  i ich podziałkę  $t$  należy przyjmować zgodnie z tablicą 13.4.2, a grubość spoiny pachwinowej  $a$  zgodnie z tablicą 13.4.1. Podstawą do obliczeń jest grubość cieńszej blachy.

Szerokość otworu powinna być równa podwojonej grubości blachy i nie mniejsza niż 12 mm. Końce otworów należy zaokrąglić.

**13.6.2** Płaskownik lub kształtownik stanowiący podkład do spawania otworowego powinien mieć szerokość nie mniejszą niż cztery grubości blachy, lecz może ona nie przekraczać 20 mm.



Rys. 13.6.2

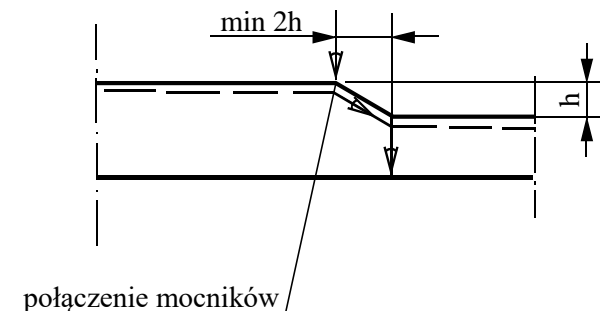
**13.6.3** Wgłębienie pozostałe po spawaniu otworowym można uzupełnić odpowiednią szpachlówką, ale nie stopiwem.

**13.6.4** Dla konstrukcyjnie ważnych połączeń elementów nie dopuszcza się spawania czopowego.

### 13.7 Połączenia spawane usztywnień

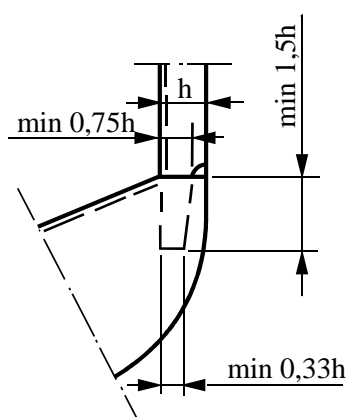
**13.7.1** Jeżeli usztywnienie wykonane jest z kilku odcinków kształtownika, to połączenia na styk należy umieszczać w miejscach o niewielkim obciążeniu.

**13.7.2** W połączeniach kształtowników o różnej wysokości środników mocniki powinny być łączone ze sobą zgodnie z rys. 13.7.2.

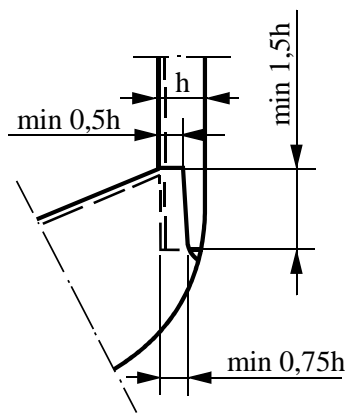


Rys. 13.7.2

**13.7.3** Zaleca się łączenie wręgów z dennikami zgodnie z rys. 13.7.3-1 ÷ 2.

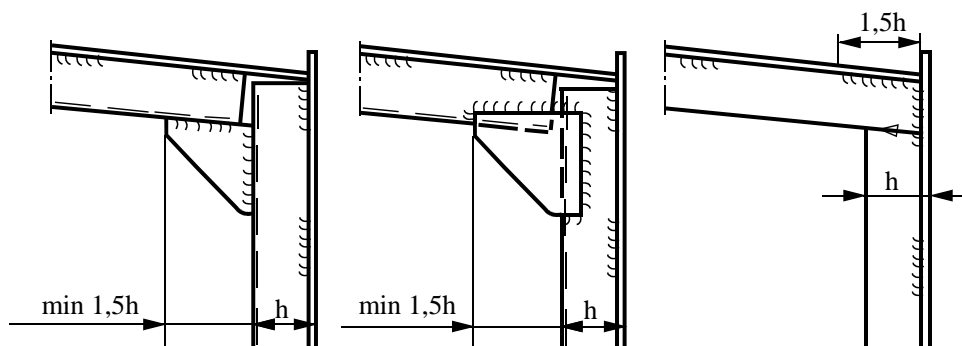


Rys. 13.7.3-1



Rys. 13.7.3-2

**13.7.4** Zaleca się łączenie wręgów z pokładnikami zgodnie z rys. 13.7.4-1 ÷ 2.



Rys. 13.7.4-1

(dla jachtów o  $L < 10$  m)

Rys. 13.7.4-2

## 14 KONSTRUKCJE Z DREWNA

### 14.1 Wymagania ogólne

**14.1.1** Gatunki drewna i kleje powinny odpowiadać wymaganiom części VI – „Materiały”.

**14.1.2** Wymagania Przepisów są określone dla konstrukcji kadłubów o kształtach obłych poszywanych klepkami lub poszyciem klejonym diagonalnie z obłogów (sklejka formowana) oraz dla jachtów o poszyciu rozwijalnym wykonanym ze sklejki. Inne konstrukcje jachtów drewnianych będą odrębnie rozpatrywane przez PRS.

**14.1.3** Wymagania te mogą być także stosowane do projektowania drewnianych pokładów i grodzi sklejkowych na jachtach o poszyciu metalowym lub z laminatu poliestrowo-szklanego, pod warunkiem zastosowania połączenia różnych materiałów zapewniających przenoszenie sił tnących.

### 14.2 Warunki budowy

**14.2.1** Przed przystąpieniem do budowy budowniczy zobowiązany jest uzgodnić z nadzorem PRS sposób przechowywania materiałów i miejsce montażu kadłuba. Warunki te powinny odpowiadać wymaganiom stawianym przez PRS oraz producentów lub dostawców materiałów, niezbędnym do utrzymania w trakcie budowy ich pełnej wartości technologicznej.

**14.2.2** Przed przystąpieniem do użycia w budowie materiału przeznaczonego na ważne elementy konstrukcyjne należy uzyskać akceptację tego materiału przez inspektora PRS nadzorującego budowę.

### 14.2.3 Drewno bazowe

14.2.3.1 Podane w dalszych rozdziałach wymagania odniesione są do drewna o następujących własnościach:

$$R_g = 82 \text{ MPa},$$

$$E_g = 9500 \text{ MPa}.$$

14.2.4 Przy zastosowaniu drewna o innych własnościach mechanicznych grubość poszyc  $g_1$ , wskaźnik wytrzymałości usztywnień  $W_1$  oraz przekrój poprzeczny usztywnień  $F_1$  należy określić ze wzorów:

$$- \text{ dla kryterium wytrzymałości na zginanie: } g_1 = g \sqrt{\frac{82}{R_g}}, \quad [\text{mm}] \quad (14.3.2-1)$$

$$- \text{ dla kryterium sztywności: } g_1 = g \sqrt[3]{\frac{9500}{E_g}}, \quad [\text{mm}] \quad (14.3.2-2)$$

$$W_1 = W \frac{82}{R_g}, \quad [\text{cm}^3] \quad (14.3.2-3)$$

$$F_1 = F \frac{82}{R_g}, \quad [\text{cm}^2] \quad (14.3.2-4)$$

$g$  – wymagana grubość poszycia według 15,

$W$  – wymagany wskaźnik wytrzymałości według 16,

$F$  – wymagany przekrój poprzeczny usztywnień według 16,

$R_g$  – wytrzymałość na zginanie zastosowanego drewna, [MPa],

$E_g$  – moduł sprężystości zastosowanego drewna, [MPa].

## 15 POSZYCIE DREWNIANE

### 15.1 Grubości bazowe

15.1.1 Grubość poszycia drewnianego  $g$  nie powinna być mniejsza niż podana w tabelicy 15.1.1 oraz powinna spełniać dodatkowo podane kryteria.

**Tablica 15.1.1**

Wymagane bazowe grubości poszycia drewnianego, [mm]

Rodzaj poszycia	Kryterium		Dodatkowe kryteria
	wytrzymałości na zginanie	grubości minimalnej	
1	2	3	4
Poszycie klepkowe:			
– powiązane tylko wręgami giętymi	–	$3 + 0,60 L + 60 s$	15.2.3
– powiązane innymi rodzajami wręgów	–	$5 + 0,88 L + 40 s$	15.2.3
Pokład klepkowy	–	$3 + 0,88 L + 40 s$	15.2
Ściany pokładówki z drewna litego	–	$9 + 1,3 L$	

1	2	3	4
Poszycie rozwijalne ze sklejki			
– dno	$20,7 ak\sqrt{h}$	$3,6\sqrt{L}$	15.4
– burty	$20,7 ak\sqrt{h}$	$3,1\sqrt{L}$	15.4
– pokład	$27,0 ak\sqrt{h}$	$2,6\sqrt{L}$	15.4
– pokładówki	$27,0 ak\sqrt{h}$	$2,3\sqrt{L}$	15.4
– gródź zderzeniowa	$20,7 ak\sqrt{h}$	$1,8\sqrt{L}$	15.4
– gródź	$14,6 ak\sqrt{h}$	$1,8\sqrt{L}$	15.4
Pokład sklejkowo-listewkowy			
– sklejka	$20,7 ak\sqrt{h}$	–	15.4
– listewki	–	min. 12 mm	15.2
Poszycie diagonalne z obłogów	$29,3 ak\sqrt{h}$	$4\sqrt{L}$	15.5

- s* – odstęp wręgowy, [m],  
*a* – szerokość płyty poszycia, [m],  
*k* =  $k_k \cdot k_p$  według 1.3.3 i 1.3.4,  
*h* – wysokość obciążenia według 2.2 – 2.7.

**15.1.2** W konstrukcjach kompozytowych poszycie drewniane montowane do stalowych usztywnień powinno być odpowiednio zabezpieczone przed bezpośrednim stykiem ze stalą.

## 15.2 Poszycie klepkowe

**15.2.1** Podane w tablicy 15.1.1 grubości odniesione są do pojedynczego poszycia z klepek na styk.

Poszycie z klepek na zakładkę lub poszycie z dwóch warstw klepek może być o 10% cieńsze.

**15.2.2** Grubość poszycia kadłuba z klepek nie powinna być mniejsza niż 12 mm. Grubość pokładu z klepek nie powinna być mniejsza niż 18 mm dla jednej warstwy klepek. Jeżeli pokład pokryty jest laminatem lub płótnem, to grubość klepek nie powinna być mniejsza niż 12 mm. Grubość minimalna nie zależy od gatunku zastosowanego drewna.

**15.2.3** Zaleca się, aby szerokość klepek pojedynczego poszycia  $b_k$  była równa określonej ze wzorów:

$$\text{dla poszycia kadłuba} \quad - \quad b_k = 2,25g + 55 \pm 10\% , \quad [\text{mm}] \quad (15.2.3-1)$$

$$\text{dla poszycia pokładu} \quad - \quad b_k = 0,62g + 32 \pm 5\% , \quad [\text{mm}] \quad (15.2.3-2)$$

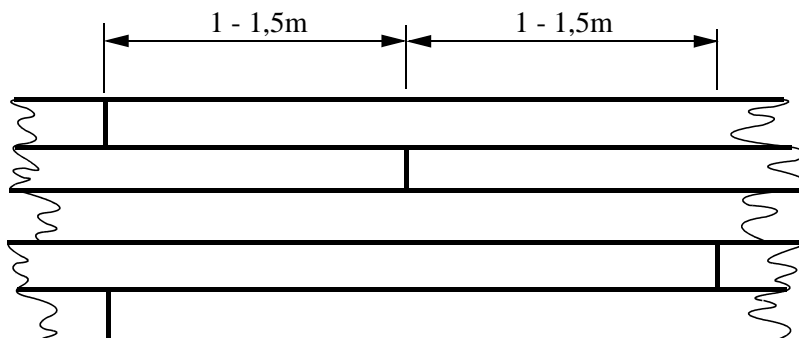
*g* – grubość klepki według 15.1.

**15.2.4** Klepki powinny być możliwie długie. Poszczególne klepki można przedłużać przez klejenie ukośne w grubości lub przez połączenie z nakładką.

Poziome odległości pomiędzy stykami klepek w sąsiednich pasach nie powinny być mniejsze niż:

- 1,0 m – dla klepek o grubości do 20 mm,
- 1,2 m – dla klepek o grubości 20 ÷ 32 mm,
- 1,5 m – dla klepek o grubości powyżej 32 mm.

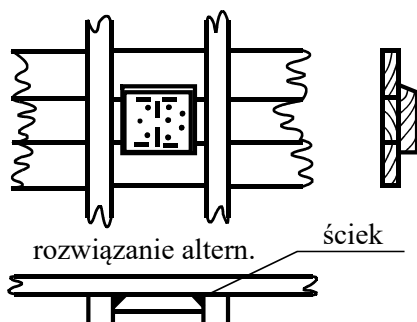
Dwa łączenia klepek mogą przypadać w jednej płaszczyźnie pionowej, jeżeli pomiędzy nimi są trzy ciągłe klepki, tak jak pokazano na rys. 15.2.4.



Rys. 15.2.4

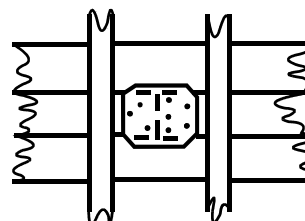
**15.2.5** Długość ukośnego sklejenia w grubości klepki powinna być min. 8 razy większa od grubości klepki.

**15.2.6** Łączenie klepki przez nakładkę powinno być wykonane zgodnie z rys. 15.2.6-1 lub 15.2.6-2.



Łączenie z nakładką drewnianą

Rys. 15.2.6-1



Łączenie z nakładką metalową

Rys. 15.2.6-2

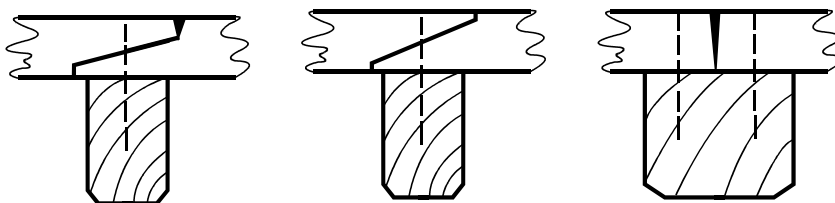
Nakładka drewniana powinna mieć grubość poszycia, a grubość nakładki stalowej powinna wynosić 15 ÷ 18% grubości poszycia. Minimalna liczba łączników metalowych na jedną stronę połączenia powinna wynosić:

- 3 szt. dla klepek o szerokości do 100 mm,
- 4 szt. dla klepek o szerokości 100 ÷ 200 mm,
- 5 szt. dla klepek o szerokości 200 ÷ 250 mm.

Średnicę łączników należy przyjąć według 15.2.8.



**15.2.7** Połączenie klepki pokładu można wykonać na pokładniku tak, jak to przedstawiono na rys. 15.2.7.



Rys. 15.2.7

**15.2.8** Klepki poszycia należy łączyć z wręgami łącznikami metalowymi. Liczbę łączników mocujących jedną klepkę do jednego wręgu należy dobierać zgodnie z tablicą 15.2.8.

**Tablica 15.2.8**

Grubość klepki [mm]	Szerokość klepki [mm]				
	do 100	100 ÷ 150	150 ÷ 180	180 ÷ 210	pow. 210
do 24	2	2	3	–	–
25 ÷ 36	1	2	2	3	–
powyżej 36	1	2	2	2	3

Łączniki powinny mieć średnicę  $d$  nie mniejszą niż określone ze wzorów:

– nity miedziane dla wręgów giętych:

$$d = 0,14g, \quad [\text{mm}], \text{ jednak nie mniej niż } 2,5 \text{ mm}, \quad (15.2.8-1)$$

– nity miedziane dla innych wręgów drewnianych:

$$d = 0,8 + 0,17g, \quad [\text{mm}], \text{ jednak nie mniej niż } 3,5 \text{ mm}, \quad (15.2.8-2)$$

– śruby (stalowe ocynkowane, nierdzewne lub mosiężne):

$$d = 1,3 + 0,17g, \quad [\text{mm}], \text{ jednak nie mniej niż } 5 \text{ mm}. \quad (15.2.8-3)$$

W miejscach, gdzie nie można zastosować łączników na przelot, dopuszcza się stosowanie wkrętów z brązu lub mosiądzu o średnicy  $d$  nie mniejszej niż określone ze wzoru:

$$d = 0,8 + 0,17g, \quad [\text{mm}], \text{ jednak nie mniej niż } 5 \text{ mm} \quad (15.2.8-4)$$

$g$  – grubość klepek, [mm].

**15.2.9** Klepki poszycia należy łączyć z elementami zestawu trzonowego śrubami albo wkrętami, o ile nie można zastosować śrub.

Średnice tych łączników nie powinny być mniejsze niż to podano w 15.2.8, a ich podziałka nie powinna przekraczać dwunastu średnic.

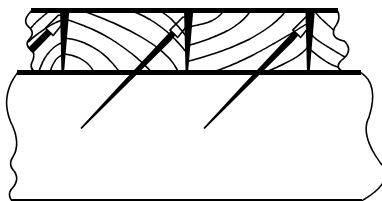
**15.2.10** Klepki pokładu można mocować do pokładników nitami, śrubami lub wkrętami do drewna. Średnice tych łączników mogą być o 10% mniejsze, niż podano w 15.2.8.

Do mocowania klepek pokładu można użyć także ukośnie wbijanych gwoździ stalowych ocynkowanych lub miedzianych o długości  $l_g$  nie mniejszej niż określona ze wzoru:

$$l_g = 2,5g - 1,5, \quad [\text{mm}] \quad (15.2.10)$$

$g$  – grubość klepek, [mm].

Mocowanie klepek pokładu przy użyciu gwoździ pokazano na rys. 15.2.10.



Rys. 15.2.10

**15.2.11** Kadłuby jachtów drewnianych o długości większej niż 9 m pokryte poszyciem klepkowym typu karawelowego (na styk) należy wykonać ze wzmocnieniami, zgodnie z 16.12.5.

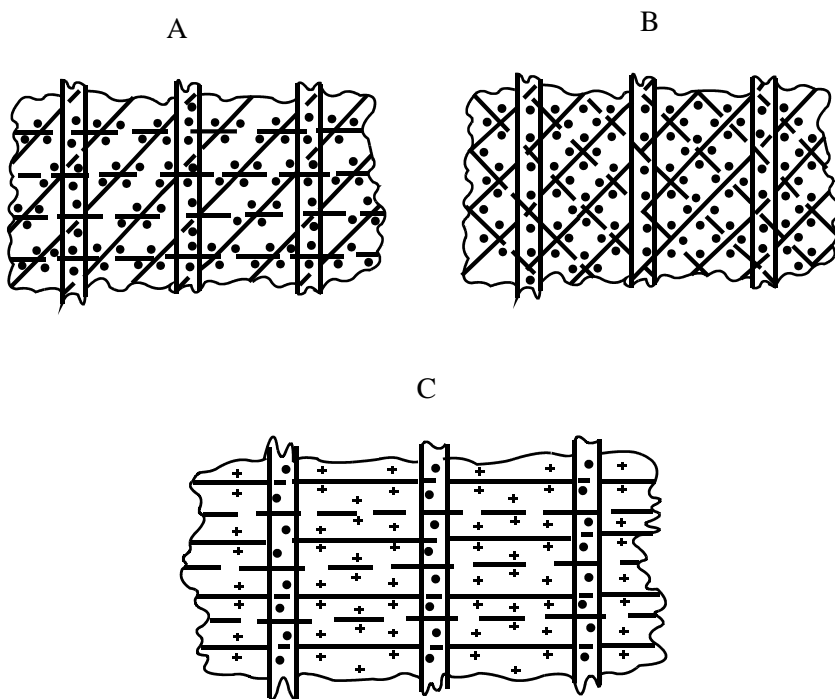
### 15.3 Poszycie z dwóch warstw klepek

**15.3.1** Poszycie zewnętrzne przy dwóch warstwach klepek powinno mieć grubość  $0,5 \div 0,6$  grubości podanej w tablicy 15.1.1.

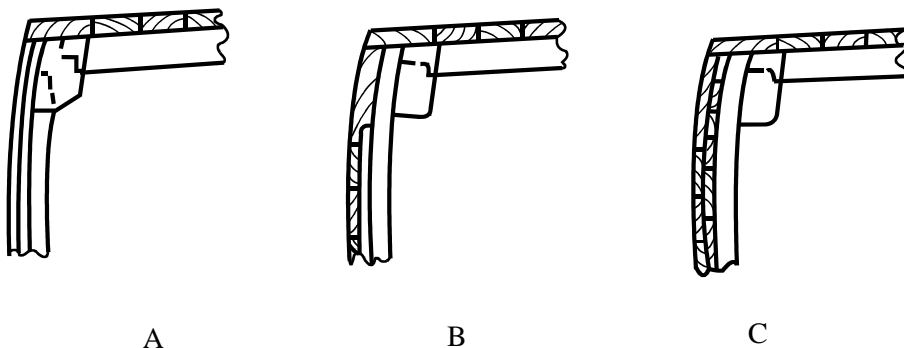
**15.3.2** Poszycie z dwóch warstw klepek powinno być łączone ze sobą i z wręgami zgodnie z rys. 15.3.2.

**15.3.3** Warstwy klepek należy rozdzielić płótnem nasyconym środkiem konserwującym (dla układu diagonalnego) lub klejem rezorcynowym (dla układu wzdłużnego).

**15.3.4** Typowe rozwiązania połączenia klepkowego poszycia burtowego z pokładem pokazano na rys. 15.3.4.



Rys. 15.3.2



Rys. 15.3.4

## 15.4 Poszycie sklejkowe

**15.4.1** Poszycie sklejkowe powinno być wykonane z możliwie dużych arkuszy sklejki. Poszycie takie należy łączyć wzdłużnie w takich miejscach, jak: zestaw trzonowy, wzdłużnik obłowy, wzdłużnik pokładnikowy, itp.

Połączeń poprzecznych nie należy stosować w rejonie masztu i fundamentu silnika.

**15.4.2** Połączenia poprzeczne jednego płata poszycia mogą być wykonane przez ukośne klejenie lub przez połączenie z naklejaną nakładką.

**15.4.3** Długość ukośnego sklejenia powinna być minimum 8 razy większa od grubości sklejk, jeżeli łączenie odbywa się w warsztacie lub minimum 10 razy większa, jeżeli łączenie jest wykonywane na szkielecie kadłuba jachtu. Łączenie na szkielecie powinno przypadać na denniku lub wręgu.

**15.4.4** Połączenie z naklejaną nakładką powinno spełniać warunki przedstawione w tabelicy 15.4.4.

Nakładkę należy wykonać z takiej samej sklejk jak poszycie. Wkrętów do drewna należy użyć tylko wtedy, gdy nie można stosować nitów.

**Tablica 15.4.4**

Nakładkowe połączenie płata poszycia sklejkowego, [mm]

Grubość poszycia [mm]	Szerokość nakładki [mm]	Łączniki		
		Liczba rzędów	Średnica nitów miedzianych [mm]	Średnica wkrętów do drewna [mm]
6	150	po 2 rzędy na każdej stronie	3	4
8	175	po 2 rzędy na każdej stronie	3,5	4,5
10	200	po 2 rzędy na każdej stronie	4	5
12	240	po 2 rzędy na każdej stronie	4	5
15	280	po 3 rzędy na każdej stronie	5	6
18	320	po 3 rzędy na każdej stronie	5	6
20	350	po 3 rzędy na każdej stronie	6	6

**15.4.5** Poszycie sklejkowe powinno być łączone z usztywnieniami kadłuba na klej oraz łączniki metalowe. Szerokość zakładki i średnica łączników nie powinny być mniejsze niż podane w tabelicy 15.4.5.

**Tablica 15.4.5**

Grubość poszycia [mm]	Szerokość połączenia poszycia [mm]		Średnica łączników [mm]	
	ze stępką lub wzdłużnikiem obłowym (wpust)	z innymi elementami	nity miedziane	wkręty do drewna
1	2	3	4	5
6	25 (1 rząd łączników)	25 (1 rząd łączników)	3	4
8	28 (1 rząd łączników)	28 (1 rząd łączników)	3,5	4,5
10	32 (1 rząd łączników)	32 (1 rząd łączników)	4	5
12	40 (2 rzędy łączników)	35 (1 rząd łączników)	4	5
15	48 (2 rzędy łączników)	42 (2 rzędy łączników)	5	6
18	55 (2 rzędy łączników)	48 (2 rzędy łączników)	5	6
20	60 (2 rzędy łączników)	52 (2 rzędy łączników)	6	6

**15.4.6** Odległość pomiędzy łącznikami metalowymi nie powinna w zasadzie przekraczać 75 mm.

**15.4.7** Zaleca się, aby grubość płaskich i mało zakrzywionych płyt sklejkowych  $g$  i tych elementów nadbudowy, po których może chodzić załoga, była ze względu na wymaganą sztywność nie mniejsza niż określona ze wzoru:

$$g = 22,8ak^3\sqrt{h}, \quad [\text{mm}] \quad (15.4.7)$$

$a$  – szerokość płyty poszycia, [m],

$k = k_k \cdot k_p$  według 1.3.3 i 1.3.4,

$h$  – wysokość obciążenia według 2.4 i 2.7, nie mniej jednak niż 0,5 m.

## **15.5 Poszycie klejone z oblogów**

**15.5.1** Do wykonania poszycia klejonego diagonalnie z oblogów zaleca się stosowanie drewna egzotycznego, takiego jak: mahoń, cedr, makore i agba.

Dopuszcza się także oblogi z innych gatunków drewna liściastego stosowanych ogólnie do produkcji sklejek wodoodpornych, pod warunkiem dobrej ich konserwacji.

**15.5.2** Poszczególne pasy poszycia nie powinny w zasadzie przekraczać grubości 3,5 mm i szerokości 125 mm.

**15.5.3** Poszycie klejone powinno być wykonane z co najmniej czterech warstw oblogów.

## **16 USZTYWNIENIA DREWNIANE**

### **16.1 Wymagane wskaźniki usztywnień**

**16.1.1** Wskaźniki wytrzymałości na zginanie zastosowanych usztywnień  $W$  nie powinny być mniejsze niż podane w tablicy 16.1 oraz powinny spełniać dodatkowe, podane kryteria.

### **16.2 Stępka jachtu o poszyciu klepkowym**

**16.2.1** Szerokość  $b$  i wysokość  $h$  na owrężu stępki wykonanej z jednego kawałka drewna na jachcie żaglowym i motorowo-żaglowym nie powinny być mniejsze niż określone ze wzoru:

$$b = 60 + 20L, \quad [\text{mm}], \quad (16.2.1-1)$$

$$h = 24 + 10L, \quad [\text{mm}]. \quad (16.2.1-2)$$

Szerokość  $b$  i przekrój  $F$  podobnej stępki jachtu motorowego (bez płetwy balastowej lub miecza) nie powinny być mniejsze niż określone ze wzoru:

$$b = 42 + 7L, \quad [\text{mm}], \quad (16.2.1-3)$$

$$F = 3600(L - 4), \quad [\text{mm}^2]. \quad (16.2.1-4)$$

**16.2.2** Szerokość stępki w kierunku od owręża do dziobu i do rufy może się zmniejszać do wymiarów wymaganych dla dziobnicy lub tylnicy.

**Tablica 16.1.1**

Usztywnienia	W [cm <sup>3</sup> ]	Dodatkowe kryteria
Zestaw trzonowy		16.2 ÷ 6
Denniki klejone	28,5 $hsl^2$	16.7
Denniki wycinane	40,5 $hsl^2$	16.7
Denniki stalowe	3,50 $hsl^2$	16.7
Wręgi klejone	28,5 $hsl^2$	16.8
Wręgi wycinane	40,5 $hsl^2$	16.8
Wręgi gięte	20,3 $hsl^2$	16.8
Wręgi stalowe	2,25 $hsl^2$	16.8
Wzdłużniki denne i burtowe	28,5 $hsl^2$	
Wzdłużniki obłowe		16.9
Wzdłużniki pokładowe	28,5 $hsl^2$	
Wzdłużniki pokładnikowe		16.10
Pokładniki klejone	12 $hsl^2$	16.11
Pokładniki wycinane	14 $hsl^2$	16.11
Pokładniki stalowe	1,7 $hsl^2$	16.12
Ramy wręgowe	35 $hsl^2$	16.13
Usztywnienia grodzi	15 $hsl^2$	

$h$  – wysokość obciążenia według 2.1 ÷ 2.7;

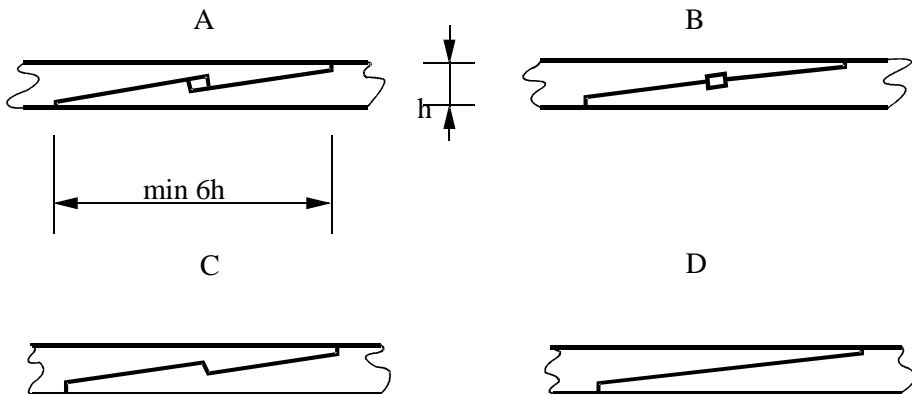
$s$  – podpierana szerokość poszycia, [m];

$l$  – niepodparta długość usztywnienia, [m].

**16.2.3** Sępka jachtu o długości większej niż 10 m może być wykonana z dwóch odcinków, łączonych w sposób pokazany na rys. 16.2.3.

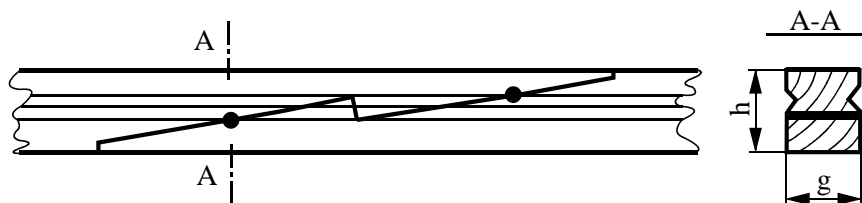
Połączenie to powinno być skręcane śrubami o średnicy  $d$  nie mniejszej niż określona ze wzoru:

$$d = 3\sqrt{L}, \quad [\text{mm}] \quad (16.2.3)$$



Rys. 16.2.3

**16.2.4** W rejonie podcięcia stępki na klepki poszycia w połączeniu stępki należy przewidzieć kołki z miękkiego drewna doszczelniające połączenia, jak pokazano na rys. 16.2.4.



Rys. 16.2.4

**16.2.5** Połączenie stępki nie powinno być wykonane w rejonie masztu lub fundamentu silnika.

**16.2.6** W rejonach większych obciążeń, np. pod piętą masztu, przy smukłej płetwie balastowej lub skrzyni mieczowej przekrój stępki należy zwiększyć.

**16.2.7** Stępka klejona z poziomych desek może mieć przekrój o 25% mniejszy od wymaganego w 16.2.1.

**16.2.8** Drewniane elementy pomiędzy balastem, a stępką (martwe drewno) powinny być odpowiednio mocno związane z balastem i stępką.

### 16.3 Dziobnica jachtu o poszyciu klepkowym

**16.3.1** Grubość  $g$  i wysokość  $h$  dziobnicy w dolnej jej części nie powinny być mniejsze niż:

- dla jachtu żaglowego i motorowo-żaglowego  $g$  lub  $h = 42 + 9,0L$ , [mm],
- dla jachtu motorowego  $g$  lub  $h = 21 + 9,5L$ , [mm].

Wymiary dziobnicy przy pokładzie mogą być zmniejszone o 20%.

**16.3.2** Dziobnica klejona może mieć przekrój o 15% mniejszy, niż wynikający z wymagań 16.3.1.

### 16.4 Tylnica jachtu o poszyciu klepkowym

**16.4.1** Grubość  $g$  i wysokość  $h$  tylnicy nie powinny być mniejsze niż:

- dla jachtu żaglowego i motorowo-żaglowego  $g$  lub  $h = 42 + 6,8L$ , [mm],
- dla jachtu motorowego  $g$  lub  $h = 48 + 5,7L$ , [mm].

**16.4.2** Tylnica klejona może mieć przekrój o 15% mniejszy, niż wynikający z wymagań 16.4.1.

## 16.5 Połączenia zestawu trzonowego

**16.5.1** Węzłówki łączące stewy ze stępką powinny być tak zaprojektowane, aby w żadnym miejscu pole przekroju poprzecznego zestawu trzonowego nie było mniejsze od przekroju dziobnicy lub tylnicy, według 16.3 i 16.4.

**16.5.2** Elementy zestawu trzonowego należy łączyć ze sobą śrubami o średnicy  $d$  nie mniejszej niż określone ze wzorów:

$$d = 10, \quad [\text{mm}], \quad \text{dla } L \leq 10 \text{ m}, \quad (16.5.2-1)$$

$$d = L, \quad [\text{mm}], \quad \text{dla } L > 10 \text{ m}. \quad (16.5.2-2)$$

**16.5.3** W rejonie wpustu na klepki poszycia, w zaciosach (zamykach ciesielskich) należy przewidzieć miękkie drewniane kołki poprzeczne doszczelniające, zgodnie z 16.2.4.

## 16.6 Zestaw trzonowy jachtu o poszyciu sklejkowym lub klejonym

**16.6.1** Klejone elementy zestawu trzonowego jachtu o poszyciu sklejkowym lub klejonym z obłogów mogą mieć przekroje poprzeczne mniejsze o 20% od określonych w 16.2.1, 16.3.1 i 16.4.1.

## 16.7 Denniki

**16.7.1** Denniki należy stosować w zasadzie na każdym wręgu tak daleko do dziobu i rufy, jak to jest praktycznie możliwe. Poza śródkręciem można stosować denniki na co drugim wręgu. Na jachtach o długości mniejszej niż 10 m, przy zastosowaniu wyłącznie wręgów giętych, można poza śródkręciem stosować denniki na co trzecim wręgu.

**16.7.2** Przy konstrukcji wzdłużnej odstęp denników nie powinien przekraczać podwojonego odstepu wzdłużników dennych.

**16.7.3** Denniki stalowe mogą być wykonane z kształtowników walcowanych, kutyh lub spawane z blachy.

Górna krawędź denników z blachy powinna być zagięta lub w inny sposób zabezpieczona przed wyboczeniem, zgodnie z 12.3.4.

**16.7.4** Wymagane wskaźniki wytrzymałości denników powinny być zachowane na całej szerokości stępki i mogą zmniejszać się w kierunku końców ramion denników.

**16.7.5** Długość połączenia  $l$  drewnianego wręgu z drewnianym dennikiem nie powinna być mniejsza niż określona ze wzoru:

$$l = 0,15h, \quad [\text{m}] \quad (16.7.5)$$

$h$  – wysokość obciążenia, zgodnie z 2.2 i 2.7.



**16.7.6** Przy obliczaniu wymaganego wskaźnika wytrzymałości dla denników w rejonie od dziobu do balastu lub od dziobu do owręża (dla jachtów motorowych) nie należy przyjmować długości niepodpartej mniejszej niż  $0,4 B$ . Podobne wymaganie dotyczy denników w rejonie silnika.

W żadnym wypadku wskaźnik wytrzymałości dennika nie może być mniejszy od wskaźnika zamocowanego do niego wręgu.

**16.7.7** Wskaźniki wytrzymałości na zginanie  $W_b$  denników nad płetwą balastową nie powinny być mniejsze niż określone ze wzorów:

$$\text{denniki klejone,} \quad W_b = 28,5 hsl^2 + \frac{G_1 h_g}{2,15 n_d}, \quad [\text{cm}^3] \quad (16.7.7-1)$$

$$\text{denniki wycinane,} \quad W_b = 46 hsl^2 + \frac{G_1 h_g}{1,33 n_d}, \quad [\text{cm}^3] \quad (16.7.7-2)$$

$$\text{denniki stalowe,} \quad W_b = 3,5 hsl^2 + \frac{G_1 h_g}{17,5 n_d}, \quad [\text{cm}^3] \quad (16.7.7-3)$$

$h$  – wysokość obciążenia według 2.2 i 2.7,

$s$  – podpierana szerokość poszycia, [m],

$l$  – niepodparta długość dennika, [m],

$G_1$  – obliczeniowa masa balastu według części III – „Wyposażenie i stateczność”, [kg],

$h_g$  – pionowa odległość od górnej krawędzi denników do środka masy balastu (nie mniej jednak niż  $0,4 T$ ), [m],

$n_d$  – liczba denników usztywniająca dno w rejonie balastu.

Połączenia drewnianych wręgów z drewnianymi dennikami w rejonie balastu powinny być o 100 mm dłuższe, niż podane w 16.7.5.

**16.7.8** Wskaźniki wytrzymałości na zginanie  $W_s$  denników nad statecznikiem sterowym nie powinny być mniejsze niż określone ze wzorów:

$$\text{denniki klejone,} \quad W_s = 28,5 hsl^2 + \frac{R_1 h_s}{21,5 n_s}, \quad [\text{cm}^3] \quad (16.7.8-1)$$

$$\text{denniki wycinane,} \quad W_s = 46 hsl^2 + \frac{R_1 h_s}{13,3 n_s}, \quad [\text{cm}^3] \quad (16.7.8-2)$$

$$\text{denniki stalowe,} \quad W_s = 3,5 hsl^2 + \frac{R_1 h_s}{175 n_s}, \quad [\text{cm}^3] \quad (16.7.8-3)$$

$h, s, l$  – wg 16.7.7,

$R_1$  – siła działająca na dolne łożysko steru według części III – „Wyposażenie i stateczność”, [N],

$h_s$  – wysokość statecznika sterowego, [m],

$n_s$  – liczba denników usztywniająca dno w rejonie statecznika.

**16.7.9** Stalowe denniki w siłowni powinny być o 1 mm grubsze od określonych w 16.1.

**16.7.10** Każdy dennik powinien być połączony ze stępką co najmniej dwiema śrubami o średnicy  $d$  nie mniejszej niż 8 mm oraz nie mniejszej niż określona ze wzoru:

$$d = 6,7H - 4, \quad [\text{mm}] \quad (16.7.10-1)$$

Jeżeli zastosowano wręgi gięte, średnice tych śrub  $d$  powinny być nie mniejsze niż 6 mm i nie większe niż 12 mm oraz nie mniejsze niż określone ze wzoru:

$$d = 4,5H - 2, \quad [\text{mm}] \quad (16.7.10-2)$$

$H$  – wysokość boczna, [m].

**16.7.11** Denniki należy łączyć z wręgami śrubami o średnicy  $d$  nie mniejszej niż 6 mm oraz nie mniejszej niż określona ze wzoru:

$$d = 4,5H - 2, \quad [\text{mm}] \quad (16.7.11-1)$$

Do łączenia denników z wręgami giętymi można stosować śruby o średnicy  $d$  nie mniejszej niż 6 mm oraz nie mniejszej niż określona ze wzoru:

$$d = 3,3H - 1, \quad [\text{mm}] \quad (16.7.11-2)$$

$H$  – wysokość boczna, [m].

Jeżeli długość połączenia wręgu z dennikami nie przekracza 250 mm, należy zastosować 3 śruby, jeżeli połączenie jest dłuższe – 4 śruby.

**16.7.12** Jeżeli zastosowano sworznie balastowe przechodzące przez stępkę i denniki drewniane – to grubość tych denników nie może być mniejsza niż 3,5 średnicy sworzni balastowych.

## 16.8 Wręgi

**16.8.1** Przewiduje się następujące typy wręgów:

- wręgi gięte – dla jachtów żaglowych i motorowo-żaglowych o wysokości bocznej  $H$  nie większej niż 3 m i motorowych o wysokości bocznej  $H$  nie większej niż 2,7 m,
  - wręgi klejone lub stalowe,
  - wręgi klejone lub stalowe przemiennie z wręgami giętymi – można stosować do trzech wręgów giętych pomiędzy dwoma wręgami klejonymi lub stalowymi na jachtach żaglowych i motorowo-żaglowych o wysokości bocznej  $H$  nie większej niż 3,6 m i motorowych o wysokości bocznej  $H$  nie większej niż 3 m,
  - wręgi wycinane dla jachtów z poszyciem sklejkowym.
- Inne typy wręgów będą odrębnie rozpatrywane przez PRS.

**16.8.2** W rejonie masztu należy zastosować wręgi wzmocnione:

- przy konstrukcji z wręgami giętymi wskaźnik wytrzymałości trzech wręgów należy zwiększyć o 60% lub zamiast nich zastosować wręgi klejone lub stalowe,
- przy konstrukcji z wręgami klejonymi, stalowymi lub wycinanymi wskaźnik wytrzymałości trzech wręgów należy zwiększyć o 50%, przy konstrukcji z wręgami klejonymi lub stalowymi przemiennie z wręgami giętymi wskaźnik wytrzymałości trzech wręgów klejonych lub stalowych należy zwiększyć o 50%.

**16.8.3** Połączenia poszczególnych odcinków wręgów wycinanych (dla poszyc sklejkowych) powinny być mocniejsze od samych wręgów.

## **16.9 Wzdłużniki obłowe**

**16.9.1** Wzdłużniki obłowe dla jachtów o poprzecznym układzie usztywnień są wymagane, jeżeli:

- zastosowano wyłącznie wręgi gięte lub wręgi klejone przemiennie z grupami trzech wręgów giętych,
- zastosowano inne układy owrężenia drewnianego na jachcie o długości większej niż 10 m,
- zastosowano wręgi stalowe, a odległość między dennikami a pokładem na owrężu przekracza 2,4 m.

**16.9.2** Przekrój wzdłużników obłowych w rejonie śródkręcia  $F$  nie powinien być mniejszy niż:

$$F = 4L, \quad [\text{cm}^2] \quad \text{– dla jachtów o długości nie większej niż 12 m,}$$

$$F = 7L - 36, \quad [\text{cm}^2] \quad \text{– dla jachtów żaglowych i motorowo-żaglowych o długości większej niż 12 m,}$$

$$F = 6L - 24, \quad [\text{cm}^2] \quad \text{– dla jachtów motorowych o długości większej niż 12 m.}$$

Poza rejonem śródkręcia przekroje wzdłużników mogą być zmniejszane, osiągając przy stewach 70% wymaganego przekroju.

**16.9.3** Zamiast jednego wzdłużnika można zastosować dwa – każdy o przekroju równym  $0,6 F$ , zgodnie z wymaganiami 16.9.2.

**16.9.4** Przy owrężeniu stalowym wskaźnik wytrzymałości na zginanie wzdłużnika obłowego  $W$  wykonanego z kształtownika nie powinien być mniejszy niż określony ze wzoru:

$$W = 0,6L - 4, \quad [\text{cm}^3] \quad (16.9.4)$$

**16.9.5** Wzdłużniki obłowe należy odpowiednio mocno związać ze wszystkimi wręgami.

W miejscu połączenia wzdłużników ze stewami lub z pawężą należy zastosować węzłówki z drewna lub stali. Połączenia te należy skręcać śrubami o średnicy  $d$  nie mniejszej niż określona ze wzoru:

$$d = 3\sqrt{L}, \text{ [mm]} \quad (16.9.5)$$

**16.9.6** Wzdłużniki obłowe na jachtach o poszyciu rozwijalnym powinny być dobrane zgodnie z wymaganiem 15.4.5.

W razie, gdy kąt pomiędzy płatami poszycia łączonymi na wzdłużniku przekracza  $150^\circ$ , wzdłużnik powinien spełniać także wymaganie 16.1.

## 16.10 Wzdłużniki pokładnikowe

**16.10.1** Dla jachtów z poprzecznie usztywnionym pokładem wymagane są wzdłużniki pokładnikowe o przekroju całkowitym na śródkręciu (wliczając wcięcie pod pokładnik)  $F$  nie mniejszym niż:

$F = 5L$ , [cm<sup>2</sup>] – dla jachtów żaglowych i motorowo-żaglowych o długości nie większej niż 10 m,

$F = 10L - 50$ , [cm<sup>2</sup>] – dla jachtów żaglowych i motorowo-żaglowych o długości większej niż 10 m,

$F = 5L$ , [cm<sup>2</sup>] – dla jachtów motorowych o długości nie większej niż 12 m,

$F = 10L - 60$ , [cm<sup>2</sup>] – dla jachtów motorowych o długości większej niż 12 m.

Jeśli poszycie burt i pokładu jest ze sklejki lub klejone z obłogów, przekrój wzdłużników może być o 25% mniejszy.

Poza rejonem śródkręcia przekroje wzdłużników mogą zmniejszać się tak, aby przy dziobnicy i tylnicy lub pawęży wynosiły 75% wymaganej wyżej wartości.

**16.10.2** Wzdłużniki pokładnikowe należy odpowiednio mocno związać ze wszystkimi wręgami. Średnica zastosowanych śrub  $d$  nie powinna być mniejsza niż określona ze wzoru:

$$d = 2\sqrt{L}, \text{ [mm]} \quad (16.10.2-1)$$

W miejscu połączenia wzdłużników z dziobnicą, tylnicą lub z pawężą należy zastosować węzłówki z drewna lub stali. Połączenia te należy skręcać śrubami o średnicy  $d$  nie mniejszej niż określona ze wzoru:

$$d = 3\sqrt{L}, \text{ [mm]} \quad (16.10.2-2)$$

**16.10.3** Na jachtach o wzdłużnym układzie usztywnień pokładu na połączeniu pokładu z burtami należy stosować wzdłużnik spełniający wymagania minimalnych szerokości połączenia z burtą i pokładem – zgodnie z 15.4.5.

**16.10.4** W rejonie masztu należy dodatkowo zastosować dźwigary wantowe o przekroju około 75% przekroju wzdłużnika pokładnikowego. Przy końcach przekrój dźwigara może wynosić 50% jego przekroju w środku.

Długość dźwigara nie powinna być mniejsza niż szerokość pokładu w rejonie masztu.

**16.10.5** Jeżeli wantowniki montowane są do odpowiednio mocnych przegród konstrukcyjnych, dźwigary wantowe nie są wymagane.

## **16.11 Pokładniki**

**16.11.1** Wymagany w 16.1 wskaźnik wytrzymałości pokładników należy uzyskać w środku ich rozpiętości. Przy końcach pokładników wskaźnik ten może wynosić 50% wartości wymaganej.

**16.11.2** Dwa pokładniki w rejonie masztu oraz pokładniki końcowe luków lub położone na zakończeniach pokładówek powinny być wzmocnione:

- jeżeli pokładnik stanowi część ściany pomieszczenia mieszkalnego, jego wskaźnik powinien być zwiększony o 50%,
- jeżeli pokładnik nie jest podparty, jego wskaźnik powinien być podwojony.

Przy pokładach klepkowych pokładniki wzmocnione powinny być także połączone ze wzdłużnikami pokładnikowymi węzłówkami (kolanami) poziomymi.

**16.11.3** Jako długość niepodpartą należy do wzorów 16.1 dla pokładników podstawić odległość pomiędzy wzdłużnikami pokładnikowymi albo wzdłużnikiem pokładnikowym a zrębnicą luku lub ścianą boczną pokładówki. Długość ta nie może być jednak mniejsza niż:

$$l = 0,7B \text{ – dla śródkręcia,}$$

$$l = 0,5B \text{ – poza śródkręciem, dla półpokładników oraz pokładników pokładówki w rejonie śródkręcia.}$$

**16.11.4** Jeśli pokład pokryty jest wyłącznie klepkami, wymagane są mocne połączenia pokładników ze wzdłużnikami pokładnikowymi, na przykład na jaskółczy ogon lub przez zakołkowanie.

Na jachtach o długości większej niż 9 m należy zastosować również ukośnice stalowe, jak w 16.12.5.

**16.11.5** Niezależnie od rodzaju poszycia pokładu, pokładniki wzmocnione powinny być połączone z wręgami węzłówkami (kolanami) pionowymi. Liczba par takich węzłówek  $n$  nie powinna być mniejsza niż określona ze wzoru:

$$n = 1,5B \tag{16.11.5-1}$$

Węzłówki takie mogą być wykonane ze stali kutej o przekroju  $F$  w środku rozpiętości nie mniejszym niż określonym ze wzoru:

$$F = 4,4B - 7, \quad [\text{cm}^2] \tag{16.11.5-2}$$

albo z kształtowników stalowych walcowanych lub spawanych o wskaźniku  $W$  nie mniejszym niż określonym ze wzoru:

$$W = 1,6B - 2,2, \quad [\text{cm}^3] \tag{16.11.5-3}$$

Długość ramion takich węzłówek  $l$  nie powinna być mniejsza niż określona ze wzorów:

$$l = 0,09B + 0,120, \quad [\text{m}] \quad \text{– dla śródkręcia,} \quad (16.11.5-4)$$

$$l = 0,07B + 0,090, \quad [\text{m}] \quad \text{– poza śródkręciem.} \quad (16.11.5-5)$$

**16.11.6** Jeśli zastosowano przegrody konstrukcyjne związane z pokładnikami i wręgami, można nie stosować węzłówek (kolan) pionowych.

## 16.12 Stalowe usztywnienia poszycia

**16.12.1** Stalowe pokładniki powinny spełniać wymagania 16.1 oraz 16.11.2 i 16.11.3.

Pokładniki te należy łączyć z wręgami węzłówkami o wysokości nie mniejszej niż 2,5 wysokości pokładnika.

**16.12.2** Na pokładnikach stalowych wzdłuż burt należy zamontować stalową mocnicę pokładową o szerokości  $b$  nie mniejszej niż określonej ze wzorów:

$$b = 0,020L, \quad [\text{m}] \quad \text{– dla śródkręcia,} \quad (16.12.2-1)$$

$$b = 0,016L, \quad [\text{m}] \quad \text{– poza śródkręciem.} \quad (16.12.2-2)$$

Dookoła pokładówek, nadbudówek i zrębnic luków pokładowych należy przewidzieć poszycie stalowe o szerokości  $b$  nie mniejszej niż:

$$b = 0,06 + 0,004L, \quad [\text{m}] \quad (16.12.2-3)$$

Poszycie drewniane należy mocować do pokładników i do tych płyt poszycia stalowego.

**16.12.3** Grubość usztywnień i węzłówek stalowych  $g$  nie powinna być mniejsza niż określona ze wzoru:

$$g = 0,9\sqrt{L}, \quad [\text{mm}] \quad (16.12.3-1)$$

Jeśli zastosowano elementy ze stali ocynkowanej, to:

$$g = 0,81\sqrt{L}, \quad [\text{mm}] \quad (16.12.3-2)$$

**16.12.4** Jeśli pokład jachtu żaglowego i motorowo-żaglowego o długości większej niż 9 m pokryty jest wyłącznie klepkami, wymagane jest zamontowanie ukośnic pokładowych, czyli stalowych płaskowników, krzyżujących się w okolicy opętników masztów i biegnących ku mocnicom pokładowym, z którymi ukośnice powinny być połączone.

Jeśli zład takiego jachtu jest całkowicie drewniany, ukośnice pokładowe należy połączyć śrubami przelotowymi ze wzdłużnikami pokładnikowymi. Szerokość ukośnic  $b$  nie powinna być mniejsza niż określona ze wzoru:

$$b = 7(L - 5), \quad [\text{mm}], \quad \text{jednak nie mniej niż 40 mm} \quad (16.12.4)$$

Grubość ukośnic powinna być zgodna z 16.12.3.

**16.12.5** Dla jachtów określonych w 16.12.4, z poszyciem kadłuba typu karawelowego (na styk), wymaga się stosowania ukośnic burtowych, biegnących od

podwiezi burtowych ku dziobowi i rufie (patrz również 15.2.10). Wymiary przekroju ukośnic burtowych należy określić według 16.12.4.

### 16.13 Ramy wręgowe

**16.13.1** Przy wzdłużnym układzie usztywnień poszycia kadłuba jachtu ze sklejki lub klejonego z obłogów należy zastosować ramy wręgowe. Zaleca się, aby odstęp wręgowy tych ram  $s$  nie był większy niż określony ze wzoru:

$$s = 0,05L + 0,2, \quad [\text{m}] \quad (16.13.1)$$

Jednak w żadnym wypadku odstęp wręgowy tych ram  $s$  nie powinien być większy niż:

$s = 1,5 \text{ m}$  dla jachtów o długości nie większej niż 9 m,

$s = 2,0 \text{ m}$  dla jachtów o długości większej niż 9 m.

**16.13.2** Ramy wręgowe powinny być ciągłą konstrukcją łączącą denniki z wręgami i pokładnikami. Do wzoru 16.1 należy podstawić niepodparte długości usztywnień  $l$ , nie mniejsze jednak niż:

- odległość od środka dna do obła (dla dennej części ramy),
- odległość od krawędzi pokład – burta do obła (dla części wręgowej),
- pół szerokości pokładu w danym miejscu (dla części pokładnikowej).

Jeżeli zastosowano podpory we wnętrzu ramy, obliczeniową niepodpartą długość usztywnienia  $l$  można odpowiednio zmniejszyć.

## 17 WYTRZYMAŁOŚĆ OGÓLNA KADŁUBA DREWNIANEGO

### 17.1 Uwagi ogólne

**17.1.1** Dla jachtów jednokadłubowych o poszyciu diagonalnym i długości większej niż 9 m oraz dla jachtów o poszyciu sklejkowym i długości większej niż 15 m powinna być sprawdzona wytrzymałość ogólna konstrukcji kadłuba.

**17.1.2** Sprawdzenie wytrzymałości ogólnej polega na obliczeniu wskaźnika wytrzymałości kadłuba na zginanie na owrężu.

**17.1.3** Sprawdzenie wytrzymałości ogólnej jachtów wielokadłubowych będzie odrębnie rozpatrywane przez PRS.

### 17.2 Wskaźnik wytrzymałości kadłuba na zginanie

**17.2.1** Wskaźnik wytrzymałości kadłuba na zginanie  $W_k$  nie powinien być mniejszy niż określony ze wzoru:

$$W_k = 125 L_w^2 B_w (C_b + 0,7), \quad [\text{cm}^3] \quad (17.2.1)$$

$B_w$  – szerokość jachtu w linii wodnej, [m],

$C_b$  – współczynnik pełnotliwości podwodzia.

Dla jachtów uprawiających żeglugę w rejonie III i V można przyjąć wskaźnik  $W_k$  mniejszy o 15%.

**17.2.2** W płaszczyźnie poprzecznej masztu wskaźnik wytrzymałości kadłuba  $W_m$  nie powinien być mniejszy niż określony ze wzoru:

$$W_m = 102JV_{f_s} \cos \beta_{f_s}, \quad [\text{cm}^3] \quad (17.2.2)$$

$J$  – podstawa trójkąta przedniego według części VII – „Osprzęt żaglowy”, [m],

$V_{f_s}$  – siła niszcząca forsztąg według części VII – „Osprzęt żaglowy”, [kN],

$\beta_{f_s}$  – kąt zawarty między forsztągiem i masztem.

**17.2.3** Podane w 17.2.1 i 17.2.2 wzory odnoszą się do drewna przepisowego (14.3) o słojach ułożonych wzdłuż kadłuba. W razie zastosowania innego gatunku drewna lub innego ułożenia słoików drewna, przy obliczaniu wskaźnika wytrzymałości kadłuba przekroje należy odpowiednio pomnożyć przez współczynnik  $k$ , określony ze wzoru:

$$k = k_s \frac{E_g}{9500} \quad (17.2.3)$$

$k_s$  – współczynnik materiałowy:

$k_s = 1,0$  dla drewna litego o słojach wzdłuż kadłuba,

$k_s = 0,4 \div 0,6$  dla sklejek (w zależności od stosunku warstw sklejek wzdłuż kadłuba do warstw sklejek ogółem),

$k_s = 0,25$  dla poszycia diagonalnego,

$E_g$  – moduł sprężystości przy zginaniu zastosowanego drewna, [MPa].

## 18 PODPORY

### 18.1 Obciążenie obliczeniowe podpór

**18.1.1** Jako obciążenie obliczeniowe podpory podpierającej fragment pokładu należy przyjmować siłę  $P_p$  nie mniejszą niż określona ze wzoru:

$$P_p = 7abh, \quad [\text{kN}] \quad (18.1.1)$$

$a, b$  – średnia szerokość i długość podpieranego fragmentu poszycia, [m],

$h$  – wysokość obciążenia według 2.4 i 2.7.

Jeśli nad obliczaną podporą znajduje się następna podpora i następny pokład, obciążenia obu podpór należy zsumować.

**18.1.2** Jeśli nad podporą pokładową zamocowano podstawę masztu, to obciążenie obliczeniowe  $P_p$  należy zwiększyć o wartość  $P_m$  nie mniejszą niż określoną ze wzoru:

$$P_m = 1,8P_t, \quad [\text{kN}] \quad (18.1.2)$$

$P_t$  – siła ściskająca maszt według części VII – „Osprzęt żaglowy”, [kN].

### 18.2 Nośność podpór



**18.2.1** Pod działaniem obciążenia obliczeniowego  $P_p$  według 18.1 nie może być przekroczona dopuszczalna nośność podpór  $P_N$  określona ze wzoru:

$$P_N = 10^{-3} \delta_N A, \quad [\text{kN}] \quad (18.2.1)$$

$\delta_N$  – dopuszczalne naprężenie ściskające według tablicy 18.2.1:

**Tablica 18.2.1**

Materiał podpory	$\delta_N$ [MPa]	
	$\lambda \leq 100$	$\lambda > 100$
Stal węglowa, stal nierdzewna	$121 - 0,44 \lambda$	$\frac{770\,000}{\lambda^2}$
Stop aluminium	$68 - 0,396 \lambda$	$\frac{285\,000}{\lambda^2}$
Drewno twarde ( $E_{min} = 12000$ )	$14,05 - 0,093 \lambda$	$\frac{47\,500}{\lambda^2}$
Drewno miękkie ( $E_{min} = 9000$ )	$10,55 - 0,07 \lambda$	$\frac{35\,500}{\lambda^2}$

$\lambda$  – smukłość podpory,

$$\lambda = \frac{l_p}{i}$$

$l_p$  – rozpiętość podpory, [mm],

$i$  – promień bezwładności, [mm],

$$i = \sqrt{\frac{I}{A}}$$

$I$  – moment bezwładności przekroju poprzecznego, [mm<sup>4</sup>],

$A$  – pole przekroju poprzecznego, [mm<sup>2</sup>].

Grubość ścianek rur i podpór kształtowych powinna być tak dobrana, aby zapobiec wyobczeniowi miejscowemu.

### 18.3 Uwagi konstrukcyjne

**18.3.1** Elementy konstrukcyjne głowicy i stopy podpory powinny być wykonane odpowiednio do przenoszonego obciążenia.

Połączenie powinno być tak zaprojektowane, aby naciski w elementach stalowych nie przekraczały 100 MPa.

**18.3.2** Podpory powinny być montowane na ciągłych usztywnieniach. W razie większego obciążenia, podpory należy montować na wzdłużnikach, które rozkładają obciążenia na kilka usztywnień poprzecznych.

**18.3.3** Nie zaleca się stosowania podpór z laminatu poliestrowo-szklanego. Jeśli to jest nieuniknione, nie należy przyjmować nośności tych podpór większych od drewnianych o podobnych proporcjach.