

Polski Rejestr Statków

PRZEPISY

PUBLIKACJA NR 63/P

KRYTERIA WYMIANY WRĘGÓW I WEZŁÓWEK MASOWCÓW I ROPORUDOMASOWCÓW Z BURTAŁĄ POJEDYNCZĄ

2008

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



GDAŃSK

Publikacja Nr 63/P – Kryteria wymiany wręgów i węzłówek masowców i roporudomasowców z burtą pojedynczą – 2008 stanowi rozszerzenie wymagań Części I – Zasady klasyfikacji, Przepisów klasyfikacji i budowy statków morskich.

Publikacja ta została zatwierdzona przez Zarząd PRS S.A. w dniu 6 maja 2008 r. i wchodzi w życie z dniem 1 lipca 2008 r.

© Copyright by Polski Rejestr Statków, 2008

PRS/HW, 04/2008

SPIS TREŚCI

1	Zastosowanie i objaśnienia.....	5
1.1	Statki ze wzmocnieniami lodowymi.....	6
2	Wymiana elementów konstrukcji lub inne środki	6
2.1	Kryteria wymiany elementów lub zastosowania innych środków	6
2.1.1	Oznaczenia	6
2.1.2	Kryteria dla środników	7
2.1.3	Kryteria dla wręgów i węzłówek (dotyczące kontroli wytrzymałości na zginanie).....	9
2.2	Pomiary grubości, wymiana/naprawa elementów konstrukcji, piaskowanie i pokrywanie powłoką ochronną	10
2.3	Zastosowanie wzmocnień	11
2.4	Grubość spoin	11
2.5	Korozja wżerowa (i rowkowa)	11
2.6	Wymiana wszystkich wręgów w jednej lub kilku ładowniach	12
2.7	Wymiana/naprawa wręgów uszkodzonych	12
3	Kryteria wytrzymałościowe.....	12
3.1	Określenie obciążeń	13
3.1.1	Siły	13
3.1.2	Ciśnienie falowe.....	14
3.2	Naprężenia dopuszczalne	15
3.3	Wytrzymałość na ścinanie	15
3.4	Wytrzymałość na zginanie	16

1 ZASTOSOWANIE I OBJAŚNIENIA

Wymagania niniejszej *Publikacji* dotyczą wręgów i węzłówek w ładowniach masowców – o pojedynczych burtach, jednopokładowych, ze zbiornikami szczytowymi i obłowymi przeznaczonymi głównie do przewozu stałych ładunków masowych – których konstrukcja nie spełnia wymagań podrozdziału 20.5 z *Części II – Kadłub, Przepisów klasyfikacji i budowy statków morskich* (zwanymi dalej *Przepisami*)^{*}.

Wymagania te dotyczą także wręgów i węzłówek w ładowniach roporudomasowców (statków OBO) o pojedynczych burtach.

Wymagania niniejszej *Publikacji* nie mają zastosowania do tych ładowni (lub rejonów ładowni) wymienionych wyżej statków, gdzie nie są spełnione podane wyżej kryteria.

W niniejszej *Publikacji* termin „statek” oznacza masowiec lub roporudomasowiec, o ile w tekście poszczególnych punktów nie podaje się inaczej.

Masowce, których dotyczą wymagania niniejszej *Publikacji* powinny być poddane ocenie dla sprawdzenia, czy ich konstrukcja spełnia te wymagania. Wymiana elementów konstrukcji, ich wzmocnienie lub pokrycie powłoką ochronną, jeżeli są wymagane według niniejszej *Publikacji*, powinny być wykonane w niżej podanych terminach, dostosowanych do terminów przeglądów pośrednich lub dla odnowienia klasy:

- a) Dla masowców, które 1.01.2005 r. miały 15 lat lub więcej – do daty najbliższego przeglądu pośredniego lub dla odnowienia klasy, przypadającego po 1.01.2005 r.
- b) Dla masowców, które 1.01.2005 r. miały 10 lat lub więcej – do daty najbliższego przeglądu dla odnowienia klasy przypadającego po 1.01.2005 r.
- c) Dla statków, które 1.01.2005 r. miały mniej niż 10 lat – do daty, kiedy statek osiągnie wiek 10 lat.

Zakończenie przed 1.01.2005 r. przeglądu pośredniego lub przeglądu dla odnowienia klasy, których data przypadała po 1.01.2005, nie może być wykorzystane dla opóźnienia spełnienia powyższych wymagań.

Jednakże może zostać zaakceptowane zakończenie przed 1.01.2005 r. przeglądu pośredniego, którego tzw. okienko obejmuje 1.01.2005 r.

Statki OBO, których dotyczą wymagania niniejszej *Publikacji*, powinny być poddane ocenie dla sprawdzenia, czy ich konstrukcja spełnia te wymagania. Wymiana elementów konstrukcji, ich wzmocnienie lub pokrycie powłoką ochronną, jeżeli są wymagane według niniejszej *Publikacji*, powinny być wykonane w niżej podanych terminach, dostosowanych do terminów przeglądów pośrednich lub dla odnowienia klasy:

- a) Dla statków OBO, które 1.07.2005 r. miały 15 lat lub więcej – do daty najbliższego przeglądu pośredniego lub przeglądu dla odnowienia klasy, przypadającego po 1.07.2005 r.

^{*} Wymagania zawarte w p. 20.5 z *Części II – Kadłub, Przepisów klasyfikacji i budowy statków morskich* są odpowiednikiem wymagań UR S12 IACS.

- b) Dla statków OBO, które 1.07.2005 r. miały 10 lat lub więcej – do daty najbliższego przeglądu dla odnowienia klasy, przypadającego po 1.07.2005 r.
- c) Dla statków OBO, które 1.07.2005 r. miały mniej niż 10 lat – do daty, kiedy statek osiągnie wiek 10 lat.

Zakończenie przed 1.07.2005 r. przeglądu pośredniego lub przeglądu dla odnowienia klasy, których data przypadała po 1.07.2005 r., nie może być wykorzystane dla opóźnienia spełnienia powyższych wymagań. Jednakże może zostać zaakceptowane zakończenie przed 1.07.2005 r. przeglądu pośredniego, którego tzw. okienko obejmuje 1.07.2005 r.

W niniejszej *Publikacji* określono kryteria wymiany lub inne wymagania dotyczące środników, mocników i węzłówek wręgów burtowych (patrz rozdział 2).

Sposoby wzmocnienia wręgów burtowych określono w podrozdziale 2.3.

Zastosowanie bezpośrednich obliczeń wytrzymałości wręgów burtowych metodą elementów skończonych lub innymi metodami nie zwalnia od obowiązku spełnienia wymagań niniejszej *Publikacji*.

Obliczenia bezpośrednie określone wyżej mogą być stosowane tylko w przypadku nietypowych konstrukcji burt, których nie obejmują wymagania niniejszej *Publikacji*. W takim przypadku należy stosować metody obliczeń i kryteria wytrzymałościowe określone w *Części II – Kadłub*.

1.1 Statki ze wzmocnieniami lodowymi

1.1.1 Jeśli masowce zostały wzmocnione dla uzyskania znaku wzmocnień lodowych w symbolu klasy, wówczas międzywręgi nie podlegają ocenie zgodności z wymaganiami niniejszej *Publikacji*.

1.1.2 Stopień zużycia korozyjnego, przy którym należy wymieniać elementy dodatkowej konstrukcji – związanej ze wzmocnieniami lodowymi – określany jest każdorazowo przez PRS.

1.1.3 Jeśli znak wzmocnień lodowych, zgodnie z życzeniem armatora, ma być usunięty z symbolu klasy, dodatkowa konstrukcja związana ze wzmocnieniami lodowymi, z wyjątkiem węzłówek przeciwskrętnych (patrz 2.1.2.1b i 2.3) nie powinna być oceniana na zgodność z wymaganiami niniejszej *Publikacji*.

2 WYMIANA ELEMENTÓW KONSTRUKCJI LUB INNE ŚRODKI

2.1 Kryteria wymiany elementów lub zastosowania innych środków

2.1.1 Oznaczenia

- t_M – aktualna grubość (wg pomiarów), [mm],
 t_{REN} – grubość, przy której konieczna jest wymiana, patrz 2.1.2,
 $t_{REN,d/t}$ – kryteria grubości oparte na stosunku d/t , patrz 2.1.2.1,
 $t_{REN,S}$ – kryteria grubości oparte na wytrzymałości, patrz 2.1.2.2,
 $t_{COAT} = 0,75t_{20,5}$,

- $t_{20.5}$ – grubość środników wręgów oraz dolnych węzłówek, odpowiednio – wg wymagań punktów 20.5.3 i 20.5.4 z Części II – Kadłub, Przepisów klasyfikacji i budowy statków morskich,
- t_{AB} – grubość rzeczywista na statku bezpośrednio po zbudowaniu, [mm],
- t_C – wg Tabeli 2.1.1.

Tabela 2.1.1
Wartości t_C , [mm]

Długość statku L_0 [m]	Ładownia Nr 1		Pozostałe ładownie	
	Dolne węzłówki	Górne węzłówki i wręgi pomiędzy węzłówkami	Dolne węzłówki	Górne węzłówki i wręgi pomiędzy węzłówkami
≤ 100	3,0	2,0	2,5	2,0
150	3,5	3,0	3,0	2,0
≥ 200	4,3	3,0	3,0	2,0

Uwaga: Dla pośrednich długości statku, t_C należy określać, stosując interpretację liniową pomiędzy powyższymi wartościami.

2.1.2 Kryteria dla środników

Środniki wręgów burtowych i węzłówek powinny być wymienione, gdy ich aktualna grubość ustalona na podstawie pomiarów, t_M , jest równa lub mniejsza od grubości t_{REN} określonej poniżej:

t_{REN} jest największą z następujących grubości:

- $t_{COAT} - t_C$
- $0,75t_{AB}$
- $t_{REN,d/t}$ (ma zastosowanie tylko do stref A i B – patrz rys. 1)
- $t_{REN,S}$ (jeśli jest wymagana wg 2.1.2.2).

2.1.2.1 Kryteria grubości oparte na stosunku d/t

Z uwzględnieniem zastrzeżeń podanych w b) i c) poniżej, $t_{REN,d/t}$ należy określać wg następującego wzoru:

$$t_{REN,d/t} = \frac{\text{wysokość środnika, [mm]}}{R}$$

gdzie:

- dla wręgów:
 - $R = 65k^{0,5}$ – dla wręgów z symetrycznym mocnikiem,
 - $R = 55k^{0,5}$ – dla wręgów z niesymetrycznym mocnikiem,
- dla dolnych węzłówek (patrz a) poniżej):
 - $R = 87k^{0,5}$ – dla wręgów z symetrycznym mocnikiem,
 - $R = 73k^{0,5}$ – dla wręgów z niesymetrycznym mocnikiem.

$k = 1.0$ dla stali kadłubowej o zwykłej wytrzymałości. Dla stali kadłubowych o podwyższonej wytrzymałości współczynnik k należy ustalić wg podrozdziału 2.2 z Części II – Kadłub.

W żadnym wypadku grubość $t_{REN,d/t}$ dla dolnej zintegrowanej węzłówki nie może być mniejsza niż $t_{REN,d/t}$ dla wręgu, który ta węzłówka podpiera.

a) Dolne węzłówki

Dolne węzłówki powinny mieć zagięcie lub mocnik.

W obliczeniach wysokości środka dolnej węzłówki należy uwzględnić poniższe ustalenia:

- 1 wysokość środka dolnej węzłówki może być mierzona – od punktu przecięcia pochyłej ściany zbiornika obłowego z poszyciem burtowym – prostopadle do mocnika dolnej węzłówki (patrz rys. 3);
- 2 jeśli na środku dolnej węzłówki zostały zamontowane usztywnienia, to jako wysokość środka węzłówki może być przyjęta odległość pomiędzy poszyciem burtowym a usztywnieniem, odległość pomiędzy usztywnieniami lub odległość pomiędzy usztywnieniem a mocnikiem węzłówki, w zależności od tego, która z tych odległości jest największa.

b) Węzłówki przeciwskrętne

Jeśli grubość t_M jest mniejsza niż $t_{REN,d/t}$ w przekroju b) wręgu burtowego, wówczas można zastosować węzłówki przeciwskrętne wg 2.3, jako alternatywę wymagania minimalnej dopuszczalnej grubości ze względu na stosunek d/t , dla wręgów burtowych. W tym wypadku przy określaniu t_{REN} wg 2.1.2, może być pominięte kryterium $t_{REN,d/t}$.

Wymieniona wyżej wartość t_M dotyczy strefy B (patrz rys. 1).

Jeżeli wręg jest wzmocniony przez 2 węzłówki przeciwskrętne, których położenie nie spełnia wymagań określonych w podrozdziale 2.3 (przy czym jedna z węzłówek jest położona w odległości mniejszej niż $h/3$, a druga – w odległości mniejszej niż $2h/3$ od krawędzi połączenia pochyłej płyty zbiornika obłowego z burtą), to można przyjąć, że jest to rozwiązanie równoważne, spełniające wymagania określone powyżej. Grubość istniejących węzłówek nie może jednak być mniejsza od grubości środka wręgu.

c) Wręgi położone bezpośrednio za grodzią kolizyjną

Dla wręgów burtowych (wraz z dolnymi węzłówkami) położonych bezpośrednio za grodzią kolizyjną, których wymiary zostały zwiększone w celu uzyskania odpowiedniego momentu bezwładności przekroju dla uniknięcia niepożądanego odkształcalności (giętkości) poszycia burtowego, jako grubość $t_{REN,d/t}$ może być przyjęta wartość $t'_{REN,d/t}$ obliczona wg wzoru:

$$t'_{REN,d/t} = \sqrt[3]{t^2_{REN,d/t} \cdot t_{REN,S}}$$

pod warunkiem, że grubość t_{AB} tych wręgów jest większa niż $1,65t_{REN,S}$.

t_{AB} – patrz 2.1.1,

$t_{REN,S}$ – należy określić wg 3.3.

2.1.2.2 Kryteria grubości oparte na kontroli wytrzymałości na ścinanie

Jeśli grubość t_M w dolnej części wręgu burtowego, określonej wg rys. 1, jest równa lub mniejsza niż t_{COAT} , wówczas $t_{REN,S}$ należy określić według 3.3.

2.1.2.3 Grubość wymienianych środników wręgów i dolnych węzłówek

Jeżeli wymagana jest wymiana, wymienione (nowe) środniki wręgów powinny mieć grubość nie mniejszą niż t_{AB} , $1,2t_{COAT}$ lub $1,2t_{REN}$, w zależności od tego, która z tych grubości jest największa.

2.1.2.4 Kryteria dotyczące zastosowania innych środków

Jeśli $t_{REN} < t_M < t_{COAT}$, wówczas powinny być podjęte następujące środki:

- a) piaskowanie lub równoważny środek i powłoka ochronna (patrz 2.2),
- b) zamontowanie węzłówek przeciwskrętnych (patrz 2.3), jeśli powyższy warunek pojawi się dla którejkolwiek ze stref wręgu burtowego A, B, C i D, pokazanych na rys. 1. Jeżeli węzłówki przeciwskrętne nie są połączone z mocnikami wręgów, to powinny one mieć „miękkie” zakończenia, których odległość od mocników powinna być nie większa niż 50 mm (patrz rys. 4),
- c) utrzymanie powłoki ochronnej w nienaruszonym stanie (tj. bez uszkodzeń lub rdzy) podczas przeglądów dla odnowienia klasy i pośrednich.

Powyższych środków można nie stosować, jeżeli elementy konstrukcji nie wykazują zmniejszenia grubości w stosunku do grubości tych elementów, gdy były one nowe oraz jeżeli ich powłoka ochronna jest nienaruszona (tj. bez uszkodzeń i rdzy).

Jeśli zmierzona grubość t_M mocnika wręgu spełnia warunek $t_{REN} < t_M \leq t_{COAT}$ i powłoka ochronna jest w stanie DOBRYM (patrz *Publikacja Nr 39/P*), to można nie stosować piaskowania i powłoki ochronnej wymaganych w a) powyżej – nawet gdy powłoka nie jest w stanie nienaruszonym. W takiej sytuacji należy jednak zastosować węzłówki przeciwskrętne i odnowić powłokę ochronną w rejonie spoin węzłówek.

2.1.3 Kryteria dla wręgów i węzłówek (dotyczące kontroli wytrzymałości na zginanie)

Jeżeli dolne węzłówki wręgów nie mają mocników, to należy je zainstalować, aby spełnić kryteria wytrzymałości na zginanie podane w podrozdziale 3.4. Odcinek mocnika węzłówki o pełnej szerokości powinien sięgać powyżej poziomu, gdzie mocnik wręgu osiąga swą pełną szerokość. W zbiorniku obłowym powinna być zastosowana odpowiednia konstrukcja podpierająca węzłówkę wręgu w jej płaszczyźnie.

Jeśli długość lub wysokość dolnej węzłówki nie spełnia wymagań podrozdziału 20.5 z *Części II – Kadłub*, wówczas należy sprawdzić wytrzymałość na zginanie według 3.4 oraz dokonać wymiany lub wzmocnienia wręgów i/lub węzłówek zgodnie z wymaganiami tego punktu.

Można nie sprawdzać wytrzymałości węzłówki na zginanie, jeżeli zostanie ona tak zmodyfikowana, aby jej wymiary zapewniały spełnienie kryteriów podanych w podrozdziale 20.5 z *Części II – Kadłub*.

2.2 Pomiary grubości, wymiana/naprawa elementów konstrukcji, piaskowanie i pokrywanie powłoką ochronną

W związku z ww. czynnościami: wymianą elementów konstrukcji, piaskowaniem i pokryciem powłoką ochronną, zostały określone 4 strefy: A, B, C i D, pokazane na rys. 1.

W przypadku wymiany elementów konstrukcji należy zastosować sposób przygotowania powierzchni i pokrycie powłoką ochronną wg wymagań punktu 2.4.2 z *Części II – Kadłub* dla konstrukcji ładowni nowo budowanych masowców.

Dla każdej z ww. stref należy wykonać odpowiednie pomiary grubości oraz ocenę według kryteriów podanych w 2.1.

Jeżeli w strefie B znajdują się płyty o różnych grubościach to wymagania niniejszej *Publikacji* należy stosować do płyty o grubości najmniejszej.

W przypadku zintegrowanych węzłówek, jeśli kryteria podane w 2.1 nie są spełnione dla strefy A lub B, wówczas powinna zostać wykonana: wymiana elementów lub piaskowanie i pokrycie powłoką ochronną (w zależności od tego, która z tych czynności jest wymagana) dla obu stref: A i B.

W przypadku oddzielnych węzłówek, jeśli kryteria podane w 2.1 nie są spełnione dla strefy A lub B, wówczas powinna zostać wykonana wymiana elementów lub piaskowanie i pokrycie powłoką ochronną dla tej strefy, w stosunku do której ma to zastosowanie.

Jeśli wymiana elementu jest wymagana dla strefy C wg 2.1, powinna ona być wykonana dla obu stref B i C. Jeśli piaskowanie i pokrycie powłoką ochronną jest wymagane dla strefy C wg 2.1, wówczas czynności te powinny być wykonane dla stref B, C i D.

Jeśli wymiana elementu jest wymagana dla strefy D wg 2.1, wówczas może być wykonana tylko dla tej strefy. Jeśli piaskowanie i pokrycie powłoką ochronną jest wymagane dla strefy D wg 2.1, powinno być wykonane dla stref C i D.

Specjalną uwagę należy zwrócić na strefy, gdzie poprzednio dokonano wymian lub odnowienia powłoki ochronnej i sprawdzić czy jej stan jest nienaruszony (bez uszkodzeń i rdzy).

Jeśli to ma zastosowanie na podstawie kryteriów podanych w 2.1, powłoka ochronna powinna być wykonana zgodnie z wymaganiami punktu 2.4.2 z *Części II – Kadłub*.

Jeśli, wg 2.1, ograniczona ilość wręgów burtowych i węzłówek wymaga pokrycia powłoką ochronną na części ich długości, następujące kryteria mają zastosowanie:

- a) część, która ma być pokryta powłoką powinna obejmować:
 - środniki i mocniki wręgów burtowych i węzłówek,
 - blachy: poszycia burtowego, poszycia zbiornika obłowego lub szczytowego, w zależności od tego która ma zastosowanie, o szerokości co najmniej 100 mm od środnika wręgu.
- b) powinna być zastosowana powłoka epoksydowa lub równoważna.

We wszystkich przypadkach, wszystkie powierzchnie, które mają być pokryte powłoką ochronną powinny być piaskowane przed nałożeniem powłoki.

Jeśli wymagana jest wymiana mocników wręgów lub węzłówek, to iloraz nie podpartej szerokości mocnika do grubości mocnika powinien spełniać wymagania podane w punkcie 20.5.5 z *Części II – Kadłub*.

W przypadku naprawy uszkodzonych wręgów, które spełniały wymagania niniejszej *Publikacji*, należy stosować następujące zasady:

- przy wymianie kształtownika walcowanego zalecane jest zastosowanie kształtownika o takim samym przekroju;
- zastąpienie fragmentu kształtownika walcowanego kształtownikiem prefabrykowanym może być zaakceptowane pod warunkiem, że mocnik wymienianego fragmentu jest w sposób płynny zakończony poza usuniętym fragmentem konstrukcji oryginalnej – aby zminimalizować koncentrację naprężeń w rejonach połączenia nowego fragmentu z pozostawioną konstrukcją oryginalną.

W przypadku naprawy uszkodzonych wręgów, dokonywanej przed wejściem w życie wymagań niniejszej *Publikacji*, można odtworzyć wręgi, które były zastosowane w konstrukcji oryginalnej.

Armator może zdecydować, czy w procesie naprawy zastosować wręgi, które będą spełniały wymagania niniejszej *Publikacji*.

2.3 Zastosowanie wzmocnień

Jako wzmocnienia można zastosować węzłówki przeciwskrętne w dolnej części oraz w środku rozpiętości wręgów (patrz rys. 4). Węzłówki przeciwskrętne można stosować na co drugim wręgu, z tym, że zarówno dolne węzłówki, jak i węzłówki w środku rozpiętości wręgu powinny być zamontowane w tym samym polu wręgowym.

Grubość węzłówek przeciwskrętnych powinna być nie mniejsza niż przepisowa grubość (grubość, jaką zastosowano podczas budowy) środników wręgów, do których węzłówki są spawane.

Węzłówki przeciwskrętne powinny być spawane do wręgów i do poszycia burtownego spoiną dwustronną ciągłą.

W przypadku, gdy wręgi i poszycie burt są wykonane ze stali o podwyższonej wytrzymałości (PW), można zastosować węzłówki przeciwskrętne ze stali o normalnej wytrzymałości (NW), pod warunkiem że elektrody zastosowane do spawania będą spełniały wymagania *Części IX – Materiały i spawanie* dotyczące spawania konstrukcji ze stali PW, do której mają być zamocowane węzłówki, a grubość węzłówek będzie równa grubości środników wręgów.

2.4 Grubość spoin

Połączenia spawane przy wymianie elementów powinny odpowiadać wymaganiom punktu 20.5.7 z *Części II – Kadłub*.

2.5 Korozja wżerowa (i rowkowa)

Jeżeli intensywność korozji wżerowej jest taka, że powierzchnia wżerów jest większa niż 15% całkowitej powierzchni blachy (patrz rys. 5), wówczas należy wykonać pomiary grubości blachy.

Minimalna akceptowalna grubość mierzona w miejscu wżeru wynosi:

- 75% grubości początkowej (przepisowej) – dla środków i mocników wręgów i węzłówek;
- 70% grubości początkowej (przepisowej) – dla poszycia burtowego, poszycia zbiornika obłowego lub szczytowego w obszarze do 30 mm z każdej strony wręgu.

2.6 Wymiana wszystkich wręgów w jednej lub kilku ładowniach

Jeśli wg kryteriów podanych w niniejszej *Publikacji* wymagana jest wymiana wszystkich wręgów w jednej lub kilku ładowniach, to można zastosować wymagania podrozdziału 20.5 z *Części II – Kadłub*, zamiast wymagań zawartych w niniejszej *Publikacji*.

Należy przy tym spełnić następujące warunki:

- a) kryteria powyższe mają zastosowanie do wszystkich wręgów w ładowni/ładowniach;
- b) powłoka ochronna wręgów powinna być zastosowana zgodnie z wymaganiami *Przepisów* dla statku nowego;
- c) wskaźnik wytrzymałości przekroju poprzecznego wręgów powinien spełniać wymagania *Przepisów*.

2.7 Wymiana/naprawa wręgów uszkodzonych

W przypadku wymiany/naprawy uszkodzonych wręgów, które spełniały wymagania niniejszej *Publikacji*, obowiązują następujące wymagania:

- należy zastosować konstrukcję spełniającą przynajmniej wymagania niniejszej *Publikacji*;
- w przypadku lokalnych uszkodzeń konstrukcji zakres wymiany/naprawy powinien być zgodny ze standardami dotyczącymi napraw statku, stosowanymi przez PRS – patrz *Publikacja Informacyjna Nr 16/I – Standardy budowy i napraw statków*.

3 KRYTERIA WYTRZYMAŁOŚCIOWE

Generalnie, należy określić obciążenia oraz sprawdzić wytrzymałość wręgów w tylnej, środkowej oraz w przedniej części każdej ładowni. Wymagane wymiary wręgów w pośrednich położeniach można określić poprzez interpolację liniową pomiędzy wymiarami określonymi powyżej.

Jeżeli wymiary wręgów zmieniają się w obrębie ładowni, wymagane wymiary powinny być również określone dla środkowego wręgu z każdej grupy wręgów mającej takie same wymiary. Wymiary dla wręgów pośrednich należy określać poprzez interpolację liniową.

3.1 Określenie obciążeń

Należy uwzględnić następujące stany załadowania:

- równomierne załadowanie ładunkiem ciężkim (gęstość większa niż $1,78 \text{ t/m}^3$);
- równomierne załadowanie ładunkiem lekkim (gęstość mniejsza niż $1,78 \text{ t/m}^3$);
- nierównomierne załadowanie ładunkiem ciężkim, jeżeli jest dozwolone.

Stany załadowania dla podróży krótkich (międzyportowe) nie muszą być rozpatrywane.

3.1.1 Siły

Siły $P_{fr,a}$ i $P_{fr,b}$ [kN], które należy przyjąć przy sprawdzaniu wytrzymałości w przekrojach a) i b) wręgów (określonych na rys. 2; w przypadku oddzielnych dolnych węzłówek przekrój b) znajduje się na poziomie górnej krawędzi węzłówki) powinny być obliczone wg wzorów:

$$P_{fr,a} = P_S + \max(P_1, P_2)$$

$$P_{fr,b} = P_{fr,a} \frac{h - 2h_B}{h}$$

gdzie:

P_S – siła na wodzie spokojnej, [kN],

$P_S = sh \left(\frac{P_{S,U} + P_{S,L}}{2} \right)$, jeśli górny koniec rozpiętości wręgu h (patrz rys. 1) znajduje się poniżej wodnicy pływania,

$P_S = sh' \left(\frac{P_{S,L}}{2} \right)$, jeśli górny koniec rozpiętości wręgu h (patrz rys. 1) znajduje się na poziomie lub powyżej wodnicy pływania,

P_1 – siła falowa, [kN], na fali czołowej,

$$P_1 = sh \left(\frac{P_{1,U} + P_{1,L}}{2} \right),$$

P_2 – siła falowa, [kN], na fali bocznej,

$$P_2 = sh \left(\frac{P_{2,U} + P_{2,L}}{2} \right),$$

h, h_B – rozpiętość wręgu oraz długość dolnej węzłówki, [m], określonej na rys. 1 i 2, odpowiednio,

h' – odległość, [m], od dolnego końca rozpiętości wręgu h (patrz rys. 1), do wodnicy pływania,

s – odstęp wręgów, [m],

$P_{S,U}, P_{S,L}$ – ciśnienie na wodzie spokojnej, [kPa], na górnym i dolnym końcu rozpiętości wręgu h , odpowiednio (patrz rys. 1),

- $p_{1,U}, p_{1,L}$ – ciśnienie falowe, [kPa], określone w 3.1.2.1 poniżej, dla górnego i dolnego końca rozpiętości wręgu h , odpowiednio,
 $p_{2,U}, p_{2,L}$ – ciśnienie falowe, [kPa], określone w 3.1.2.2 poniżej, dla górnego i dolnego końca rozpiętości wręgu h , odpowiednio.

3.1.2 Ciśnienie falowe

.1 Ciśnienie falowe p_1

- Ciśnienie falowe p_1 , [kPa], na poziomie oraz poniżej wodnicy pływania należy określać wg wzoru:

$$p_1 = 1,50 \left[p_{11} + 135 \frac{B}{2(B + 75)} - 1,2(T - z) \right]$$

$$p_{11} = 3k_s C + k_f$$

- Ciśnienie falowe p_1 , [kPa], powyżej wodnicy pływania należy określać wg wzoru:

$$p_1 = p_{1wl} - 7,50(z - T).$$

.2 Ciśnienie falowe p_2

- Ciśnienie falowe p_2 , [kPa], na poziomie oraz poniżej wodnicy pływania należy określać wg wzoru:

$$p_2 = 13,0 \left[0,5B \frac{50c_r}{2(B + 75)} + \delta \frac{0,5B + k_f}{14} \left(0,7 + 2 \frac{z}{T} \right) \right]$$

- Ciśnienie falowe p_2 , [kPa], powyżej wodnicy pływania należy określać wg wzoru:

$$p_2 = p_{2wl} - 5,0(z - T)$$

gdzie:

p_{1wl} – ciśnienie falowe, p_1 , na poziomie wodnicy pływania,

p_{2wl} – ciśnienie falowe, p_2 , na poziomie wodnicy pływania,

L_0 – długość obliczeniowa statku, [m], określona w p. 1.2.2 z Części II – *Kadłub*,

B – szerokość statku, [m],

δ – współczynnik pełnotliwości kadłuba, określony w p. 1.2. z Części II – *Kadłub*, jednak nie mniejszy niż 0,6,

T – maksymalne zanurzenie projektowe, [m],

C – współczynnik:

$$C = 10,75 - \left(\frac{300 - L_0}{100} \right)^{1,5} \quad \text{dla } 90 \leq L_0 \leq 300 \text{ m,}$$

$$C = 10,75 \quad \text{dla } L_0 \geq 300 \text{ m,}$$

$$c_r = \left(1,25 - 0,025 \frac{2k_r}{\sqrt{GM}} \right) k$$

$k = 1,2$ dla statków bez stępki przechyłowej,

$k = 1,0$ dla statków ze stępką przechyłową,

k_r – promień bezwładności kołysania; należy stosować wartości k_r podane w Tabeli 3.4.

$GM = 0,12B$, jeżeli rzeczywista wartość GM jest nieznana,

z – pionowa odległość, [m], od płaszczyzny podstawowej do punktu przyłożenia obciążenia,

$$k_s = \delta + \frac{0,83}{\sqrt{\delta}} \quad \text{na pionie rufowym,}$$

$$k_s = \delta \quad \text{w rejonie pomiędzy } 0,2L_0 \text{ i } 0,6L_0 \text{ od pionu rufowego,}$$

$$k_s = \delta + \frac{1,33}{\delta} \quad \text{na pionie dziobowym.}$$

W rejonach pośrednich wartość k_s należy określać za pomocą interpolacji liniowej.

$$k_f = 0,8C.$$

3.2 Naprężenia dopuszczalne

Dopuszczalne naprężenia normalne i styczne σ_a i τ_a , [MPa], we wręgach burtowych i węzłówkach wynoszą:

$$\sigma_a = 0,90R_e,$$

$$\tau_a = 0,40R_e,$$

R_e – granica plastyczności materiału, [MPa].

3.3 Wytrzymałość na ścinanie

Jeśli t_M w dolnej części wręgu, zdefiniowanej na rys. 1, jest równe lub mniejsze niż t_{COAT} , wówczas należy sprawdzić wytrzymałość na ścinanie w sposób podany poniżej.

Grubość $t_{REN,S}$, [mm], jest to większa z grubości $t_{REN,Sa}$ i $t_{REN,Sb}$, otrzymanych jako rezultat sprawdzenia wytrzymałości na ścinanie w przekrojach a) i b) (patrz rys. 2 i p. 3.1).

Grubości te można obliczyć wg wzorów:

- w przekroju a): $t_{REN,Sa} = \frac{1000k_s P_{fr,a}}{d_a \sin \varphi \tau_a}$
- w przekroju b): $t_{REN,Sb} = \frac{1000k_s P_{fr,b}}{d_b \sin \varphi \tau_a}$.

- Grubość $t_{REN,S}$ nie musi być większa niż $0,75 t_{20,5}$,
 k_s – współczynnik rozkładu siły tnącej należy przyjąć równy 0,6,
 $P_{fr,a}$ $P_{fr,b}$ – siły określone w 3.1.1,
 d_a d_b – wysokość środka węzłówki lub wręgu, [mm], w przekrojach a) i b), odpowiednio (patrz rys. 2); w przypadku oddzielnej węzłówki d_b należy przyjąć jako minimalną wysokość środka odejmując wysokość skalopsu (jeżeli istnieje),
 φ – kąt między środkiem wręgu i poszyciem,
 τ_a – dopuszczalne naprężenie styczne, [MPa], określone w 3.2.

3.4 Wytrzymałość na zginanie

Jeśli długość lub wysokość dolnej węzłówki nie spełniają wymagań podrozdziału 20.5 z Części II – Kadłub, wówczas rzeczywisty wskaźnik przekroju, [cm³], węzłówki i wręgu w przekrojach a) i b) powinien być nie mniejszy niż:

- w przekroju a):

$$W_a = \frac{1000P_{fr,a} h}{m_a \sigma_a}$$

- w przekroju b):

$$W_b = \frac{1000P_{fr,a} h}{m_b \sigma_a}$$

gdzie:

- $P_{fr,a}$ – siła określona w 3.1.1,
- h – rozpiętość wręgu, [m], określona na rys. 1,
- σ_a – dopuszczalne naprężenie normalne, [MPa], określone w 3.2,
- m_a m_b – współczynniki momentu gnącego, określone w Tabeli 3.4.

Tabela 3.4
Współczynniki momentu gnącego m_a i m_b

	k_r	m_a	m_b		
			$h_b \leq 0,08h$	$h_b = 0,1 h$	$h_b \geq 0,125h$
Puste ładownie statków dopuszczonych do eksploatacji w stanach nierównomiernego załadowania	0,39 B	10	17	19	22
Załadowane ładownie statków, które mogą transportować tylko ładunki lekkie (o gęstości mniejszej niż 1,78 t/m ³)	0,39 B	12	20	22	26
Pozostałe przypadki *	0,25 B	12	20	22	26

* Obejmuje przypadek ładowni z ładunkiem statku załadowanego równomiernie ciężkim ładunkiem masowym, który jest bardziej niebezpieczny niż przypadek załadowanej ładowni statku załadowanego nierównomiernie.

Uwaga 1: Stan nierównomiernego załadowania oznacza taki stan załadowania, w którym stosunek pomiędzy najwyższym i najniższym stopniem zapełnienia, określonym dla każdej ładowni (skorygowanym ze względu na różne gęstości ładunków w poszczególnych ładowniach), przekracza 1,20.

Uwaga 2: Dla pośrednich wartości długości węzłówki h_b współczynnik m_b należy określać stosując interpolację liniową pomiędzy wartościami podanymi w tabeli.

Rzeczywisty wskaźnik przekroju węzłówek i wręgów należy obliczać względem osi równoległej do współpracującego pasa poszycia.

W obliczeniach tego wskaźnika należy przyjmować rzeczywiste grubości elementów, określone na podstawie pomiarów.

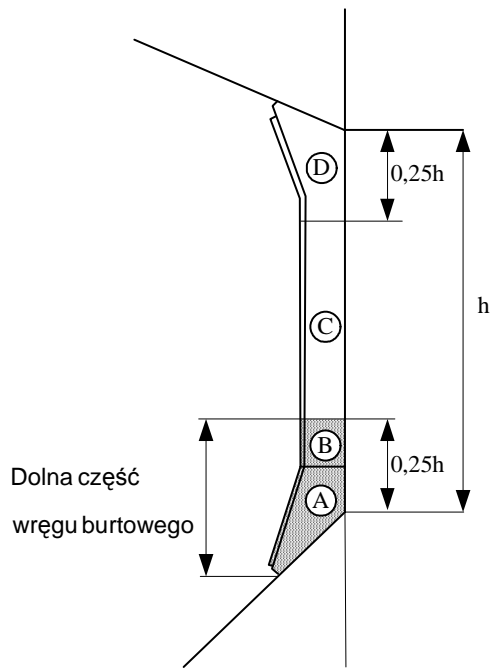
We wstępnych obliczeniach można przyjmować inne grubości, pod warunkiem że nie będą one mniejsze niż:

- t_{REN} , dla środników,
- minimalna dopuszczalna grubość wg kryteriów PRS – dla mocników i dla pasa współpracującego poszycia.

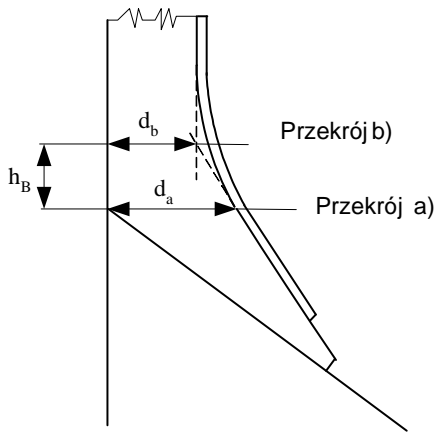
Szerokość współpracującego pasa poszycia należy przyjmować jako równą odstępowi wręgów, mierzonemu wzdłuż poszycia w środku rozpiętości h .

Jeżeli rzeczywiste wskaźniki przekroju w przekrojach a) i b) są mniejsze niż wartości W_a i W_b , wówczas wręgi i węzłówki powinny być wymienione lub wzmocnione tak, aby ich rzeczywiste wskaźniki przekroju były nie mniejsze niż $1,2W_a$ i $1,2W_b$ odpowiednio.

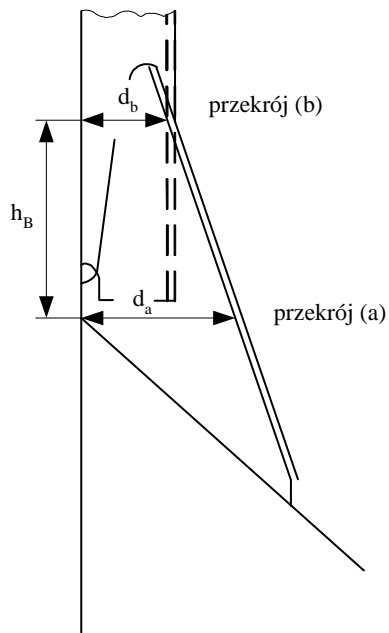
W takim przypadku wymiana lub wzmocnienia mocnika powinny być wykonane na całej długości dolnej części wręgu, określonej na rys. 1.



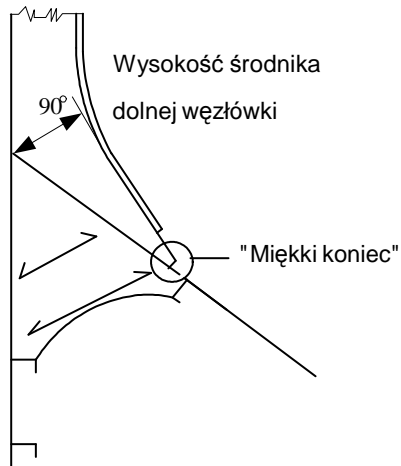
Rys. 1 Dolna część oraz strefy wręgów burtowych



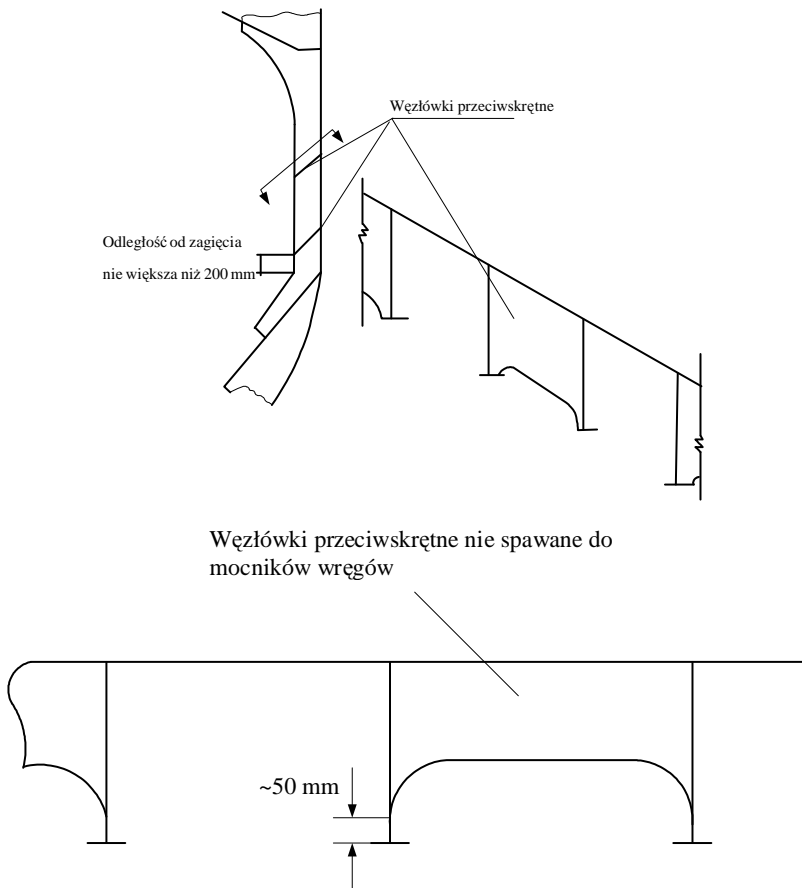
d_a = wysokość środnika dolnej węzłówki dla określenia $t_{REN,S}$
 d_b = wysokość środnika węgłu
 h_B = długość dolnej węzłówki



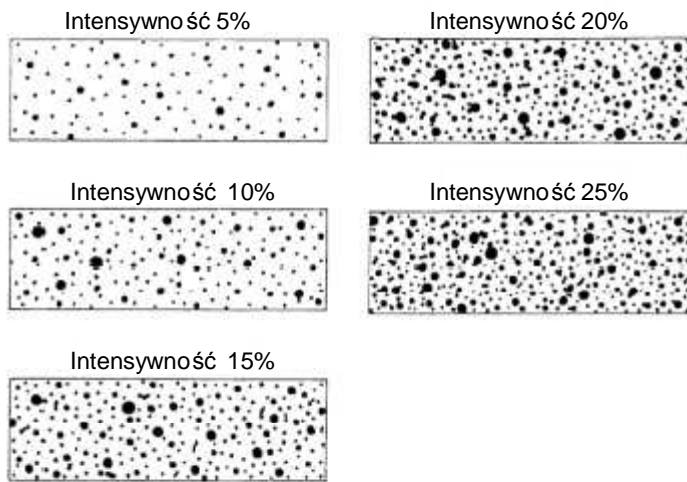
Rys. 2 Przekroje a) i b)



Rys. 3 Definicja wysokości środnika dolnej węzłówki dla określenia $t_{REN,d/t}$



Rys. 4 Węzłówki przeciwskrętne



Rys. 5 Diagramy intensywności korozji wżerowej (od 5% do 25% intensywności)
