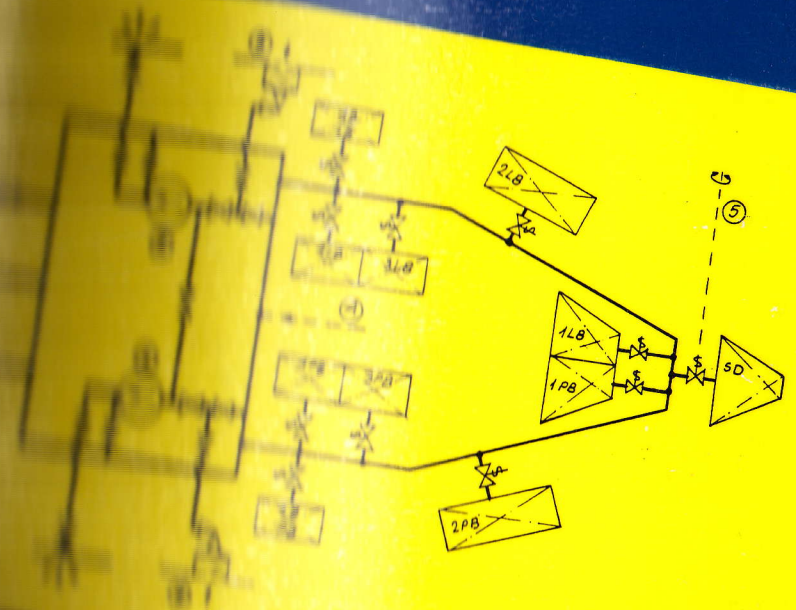


MECHANIKA I TEORIA OKRETU

z wykładem

STANOWISKA RADIOBOWIE STACJI MORSKICH

Wojciech Więckiewicz



BUDOWA I TEORIA OKRĘTU

Zeszyt tematyczny

Wojciech Więckiewicz

**Instalacje kadłubowe
statków morskich**

Gdynia 2001

Recenzent: doc. dr inż. Przemysław Urbański, Politechnika Gdańska

Redakcja i korekta: Ewa Giedziun

ISBN 83-87875-67-8

Wyższa Szkoła Morska w Gdyni,
Dział Wydawnictw, ul. Morska 83, 81-225 Gdynia.
Zlec.128/2001. Nakład 250-500 egz.
Format A-5.
Oddano do druku: wrzesień 2001.

Spis treści

	Str.
Wstęp	5
1. Symbole urządzeń i armatury	7
2. Systemy okrętowe oraz ich instalacje	9
3. Rurociągi i armatura instalacji kadłubowych	10
3.1. Klasy rurociągów i armatury	10
3.2. Materiały do wyrobu rur i armatury instalacji kadłubowych	12
3.3. Dobór parametrów rurociągów	12
3.4. Armatura	13
3.5. Łączenie rur i armatury w rurociągi	17
3.6. Prowadzenie rurociągów	21
3.7. Przejścia rurociągów przez grodzie i szczelne ściany	25
3.8. Zakrzywienia i rozgałęzienia rurociągów	28
4. Zbiorniki kadłubowe	30
4.1. Podział zbiorników	30
4.2. Zbiorniki ładunkowe na statkach do ładunków płynnych	31
4.3. Rozmieszczenie zbiorników na statkach do ładunków suchych ...	33
4.4. Zbiorniki ładunkowe na statkach do ładunków suchych	34
4.5. Zbiorniki zapasów	35
4.6. Zbiorniki balastu wodnego	35
4.7. Zbiorniki ścieków	40
5. Wyposażenie zbiorników	41
5.1. Rurociągi zasilające i wyposażenie pomocnicze	41
5.2. Rury sondażowe (pomiarowe)	42
5.3. Luki pomiarowe na zbiornikowcach	46
5.4. Zdalny pomiar poziomu cieczy w zbiornikach	48
5.5. Rury odpowietrzające	52
5.6. Włazy i luki inspekcyjne	56
6. Instalacje zęzowe	58
6.1. Przeznaczenie instalacji zęzowej	58
6.2. Rurociągi i pompy instalacji zęzowej	59
6.3. Typy instalacji zęzowych	63
6.4. Zęzy i studzienki zęzowe	65
6.5. Instalacje osuszania maszynowni	66
6.6. Instalacje awaryjnego osuszania	67

	Str.
7. Instalacje balastowe	69
7.1. Przeznaczenie instalacji balastowych	69
7.2. Pobór wody do instalacji	69
7.3. Rurociągi i pompy balastowe	71
7.4. Typy instalacji balastowych	72
8. Instalacje wyrównywania przechyłów	73
9. Instalacje i urządzenia stabilizacji kołysania statków	78
9.1. Cel stabilizacji kołysania statków	78
9.2. Podział urządzeń stabilizacji kołysania	79
9.3. Stępki przechyłowe	80
9.4. Bierne zbiorniki stabilizacyjne	83
9.5. Aktywne zbiorniki stabilizacyjne	89
9.6. Aktywizowane zbiorniki stabilizacyjne	94
9.7. Płetwy stabilizacyjne	96
10. Instalacje gaśnicze	103
10.1. Typy instalacji gaśniczych	103
10.2. Wymagania konwencji SOLAS	104
10.3. Instalacje gaśnicze na statkach handlowych według PRS	105
10.4. Instalacja wodnohydrantowa	106
10.5. Instalacje pianowe	108
10.6. Instalacje tryskaczowe, zraszające i na mgłę wodną	112
10.7. Gazowe objętościowe instalacje gaśnicze	116
10.8. Proszkowa instalacja gaśnicza	120
Literatura	122

Wstęp

Kolejny, szósty zeszyt serii wydawniczej „Budowa i teoria okrętu” zawiera opis instalacji stosowanych na statkach morskich, służących do utrzymywania stanu statku na poziomie pozwalającym na jego efektywną i bezpieczną eksploatację. Instalacje te w odróżnieniu od instalacji bezpośrednio związanych z napędem statku (instalacje siłowniane) i potrzebami bytowymi załogi i pasażerów (instalacje sanitarne) nazwano umownie instalacjami kadłubowymi.




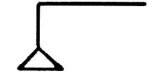

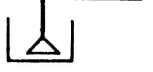




W publikacji przedstawiono: wymagania stawiane poszczególnym instalacjom, ogólne zasady ich projektowania oraz przykłady rozwiązań konstrukcyjnych. Szczegółowo omówiono instalacje: zęzowe (osuszające), balastowe, gaśnicze, wyrównywania przechyłów oraz instalacje i innego typu urządzenia stabilizacji kołysania statków. Pominięto tu instalacje wentylacji pomieszczeń socjalnych i przedziałów ładunkowych, występują one wprawdzie na wszystkich statkach, ale ich praca nie wpływa bezpośrednio na stan statku w trakcie eksploatacji.

Zeszyt ma stanowić pomoc dydaktyczną dla studentów studiów dziennych Wydziału Nawigacyjnego Wyższej Szkoły Morskiej. Zagadnienia w nim omówione wchodzą w zakres przedmiotu *Budowa i stateczność statku*.

1. Symbole urządzeń i armatury

Tabela 1

Oznaczenia rurociągów, urządzeń i armatury wprowadzone na schematach

Symbol	Nazwa polska	Nazwa angielska
	rurociąg	pipeline
	sterowanie	control
	rozgałęzienie rurociągu	crossing pipe connection
	końcówka ssąca	bellmouth
	kosz ssący	suction box
	studzienka żęzowa	rose box
	osadnik	mud box
	pompa	pump
	pompa strumieniowa, strumienica	ejector, injector
	odolejacz	oil separator

Symbol	Nazwa polska	Nazwa angielska
	miernik	gauger
	filtr	filter
	zawór zaporowy przelotowy	straight stop valve
	zawór zwrotny przelotowy	straight non return valve
	zawór zaporowy zdalnie sterowany	remote controlled stop valve
	zawór zaporowy kątowy	angle stop valve
	zawór zwrotny kątowy	angle non return valve
	zasuwa	gate valve
	pobór wody zza burty	inlet overboard
	wypływ cieczy poza burtę	outlet overboard
	skrzynia zaworów zaporowych	stop valve chest
	skrzynia zaworów zwrotnych	non return valve chest

2. Systemy okrętowe oraz ich instalacje

Statek morski powinien bezpiecznie i efektywnie wykonywać swoje zadania. W tym celu jest on wyposażony w wiele systemów zapewniających:

- efektywną, ciągłą i bezpieczną eksploatację;
- niezawodność działania zarówno całego statku, jak i jego systemów i urządzeń;
- odporność na oddziaływanie warunków zewnętrznych;
- ochronę mórza przed zanieczyszczeniami;
- bezpieczeństwo pasażerów, załogi i innych osób przebywających na statku.

Spośród wielu systemów okrętowych najważniejszymi są:

- system napędowy, umożliwiający poruszanie się statku;
- system sterowy, umożliwiający sprawne i szybkie wykonywanie manewrów zmiany kursu;
- system kotwiczno-cumowniczy, umożliwiający bezpieczne kotwiczenie i postój w porcie;
- system zapewnienia pływalności i szczelności statku;
- system zapewnienia wymaganej stateczności statku;
- system ochrony przeciwpożarowej – wykrywania i zwalczania pożarów;
- system ochrony środowiska morskiego.

Na statkach towarowych do wymienionych powyżej systemów dochodzą dodatkowo:

- system załadunku i wyładunku statku;
- system ochrony i kontroli stanu ładunku;
- system wentylacji ładowni i innych przestrzeni ładunkowych;
- system oczyszczania i mycia ładowni lub innych przestrzeni ładunkowych.

Na niektórych statkach są dodatkowo zamontowane systemy wyrównywania przechyłów i stabilizacji kołysań.

Poszczególne systemy składają się z urządzeń wykonawczych, instalacji łączących poszczególne urządzenia systemu w całość,

elementów mierzących stan statku, ładunku czy urządzeń tworzących system oraz z elementów i instalacji sterujących pracą systemu.

Praca wielu z wymienionych wyżej systemów związana jest z przepływami płynów między różnymi urządzeniami i rejonami statków. Umożliwiają to instalacje tych systemów – składają się one z rurociągów, urządzeń wymuszających przepływ płynów (pompy dla cieczy, sprężarki, dmuchawy, wentylatory dla gazów), armatury sterującej parametrami i kierunkami przepływów oraz urządzeń pomiarowych. Płyny magazynowane są na statkach wewnątrz zbiorników lub, jak w wypadku wody morskiej, pobierane są z zewnątrz.

W tekście przedstawiono:

- rozmieszczenie zbiorników na statkach;
- wyposażenie zbiorników (rury i luki sondażowe, odpowietrzenia, włazy inspekcyjne);
- instalacje zębowe (osuszające);
- instalacje balastowe;
- instalacje wyrównywania przechyłów;
- instalacje i innego typu urządzenia stabilizacji kołysań statku;
- instalacje zwalczania pożarów (gaśnicze).

3. Rurociągi i armatura instalacji kadłubowych

3.1. Klasy rurociągów i armatury

W skład instalacji kadłubowych, wymienionych w poprzednim rozdziale, wchodzi rurociągi transportu czynników wypełniających instalacje oraz armatura umożliwiająca sterowanie i regulację przepływu czynników. Materiały na rury i na armaturę, sposoby łączenia rur w rurociągi, montaż armatury oraz sposoby prowadzenia rurociągów we wnętrzu kadłuba podlegają przepisom budowy i wyposażenia statków opracowanym przez towarzystwa klasyfikacyjne.

Poniżej przedstawiono wymagania stawiane w tym zakresie przez Det Norske Veritas [1] oraz przez Polski Rejestr Statków [15]. Zaprezentowano również stosowane w praktyce rozwiązania konstrukcyjne zgodne z tymi przepisami.

Przykładowo w tabeli 2 przedstawiono podział rurociągów i armatury na klasy według wymagań PRS [15]. W zależności od rodzaju, temperatury i ciśnienia transportowanego czynnika rozróżnia się klasy I, II i III. Na podstawie tej tabeli można dokonać wyboru klas rurociągów i armatury we wszystkich instalacjach okrętowych.

Tabela 2

**Dobór klasy rurociągów i armatury
w zależności od rodzaju czynnika i parametrów jego transportu.
Opracowano na podstawie [15]**

Czynniki transportowane	Klasa rurociągów i armatury		
	I	II	III
Płyny toksyczne			
Płyny silnie korodujące, Gazy skroplone	Bez stosowania szczególnych środków zabezpieczających, zmniejszających możliwości wycieku i ograniczających jego skutki	Z zastosowaniem szczególnych środków zabezpieczających, zmniejszających możliwości wycieku i ograniczających jego skutki	
Płyny zapalne o temperaturze transportu wyższej od temperatury zapłonu lub o temperaturze zapłonu niższej niż 60°C, z wyjątkiem instalacji ładunkowych ropy naftowej i jej produktów	Bez stosowania szczególnych środków zabezpieczających, zmniejszających możliwości wycieku i ograniczających jego skutki	Z zastosowaniem szczególnych środków zabezpieczających, zmniejszających możliwości wycieku i ograniczających jego skutki	
Pary i oleje grzewcze	$p_{obl} > 1.6 \text{ MPa}$ lub $T_{obl} > 300^\circ \text{C}$	$p_{obl} \leq 1.6 \text{ MPa}$ i $T_{obl} \leq 300^\circ \text{C}$	$p_{obl} \leq 0.7 \text{ MPa}$ i $T_{obl} \leq 170^\circ \text{C}$
Paliwo, ładunki ropy naftowej i jej produkty	$p > 1.6 \text{ MPa}$ i $T > 150^\circ \text{C}$	$p \leq 1.6 \text{ MPa}$ i $T \leq 150^\circ \text{C}$	$p \leq 0.7 \text{ MPa}$ i $T \leq 60^\circ \text{C}$
Inne czynniki, w tym: woda, powietrze, inne gazy, olej smarowy i olej do instalacji hydraulicznych	$p_{obl} > 4.0 \text{ MPa}$ lub $T_{obl} > 300^\circ \text{C}$	$p_{obl} \leq 1.6 \text{ MPa}$ i $T_{obl} \leq 300^\circ \text{C}$	$p_{obl} \leq 1.6 \text{ MPa}$ i $T_{obl} \leq 200^\circ \text{C}$
Rurociągi beciśnieniowe: zębowe, przelewowe, odpowietrzające, gazów wydechowych	mogą być klasy III		

Oznaczenia do tabeli 2: p_{obl} – ciśnienie obliczeniowe w instalacji,
 T_{obl} – temperatura obliczeniowa czynnika,
 p – ciśnienie w instalacji,
 T – temperatura czynnika.

Rurociągi i armatura klasy I i II podlegają odbiorowi Polskiego Rejestru Statków. Materiały do wyrobu, sposoby łączenia, sposoby montażu we wnętrzu kadłuba rurociągów i armatury tych klas określone są szczegółowo w przepisach budowy i wyposażenia statków.

Instalacje kadłubowe opisane w dalszych rozdziałach należą do klasy III.

3.2. Materiały do wyrobu rur i armatury instalacji kadłubowych

Podstawowym materiałem do wyrobu rur na rurociągi statkowe, według wymagań PRS, jest stal węglowa lub węglowo-manganowa. Inne materiały, jak miedź i jej stopy, żeliwo szare i sferoidalne oraz tworzywa sztuczne, rzadko są stosowane w rurociągach instalacji kadłubowych. Stosowanie rur z żeliwa sferoidalnego na rurociągi klasy I i II wymaga akceptacji PRS. Żeliwo szare może być użyte jako materiał na rury rurociągów III klasy w instalacjach ładunkowych i resztkowych na ropowcach wyłącznie w obrębie zbiorników ładunkowych, natomiast rury z tworzyw sztucznych mogą być instalowane w wydzielonych instalacjach osuszania za pomocą ręcznych pomp małych przedziałów, jak na przykład komór łańcuchowych. Ponadto na statkach niepasażerskich można z omawianych materiałów wykonywać rury pomiarowe do zęb w ładowniach.

Poza wymienionymi powyżej wypadkami stosowanie do wyrobu rur innych materiałów niż stale wymaga akceptacji PRS.

3.3. Dobór parametrów rurociągów

Wewnętrzne średnice rurociągów instalacji kadłubowych dobierane są na podstawie przepisów towarzystw klasyfikacyjnych. Zasady doboru, według PRS, średnic rurociągów instalacji kadłubowych opisano w rozdziałach poświęconych poszczególnym instalacjom. W odniesieniu do niektórych instalacji wymagane są minimalne średnice wewnętrzne rur.

Również grubości ścianek rur w instalacjach określone są według formuł obliczeniowych podanych w przepisach towarzystw klasyfikacyjnych na podstawie: średnicy zewnętrznej rury, maksymalnego

ciśnienia w instalacji i dopuszczalnych naprężeń mogących wystąpić w materiale, z którego wykonane są rury. Dodatkowo, w przepisach DNV i PRS podane są minimalne grubości ścianek rur, zależne od rodzaju instalacji i dróg prowadzenia rurociągów we wnętrzu statku [1, 15].

3.4. Armatura

W skład instalacji kadłubowych, prócz rurociągów wchodzi również pompy i armatura, czyli: elementy łączące, oddzielające i zamykające poszczególne gałęzie instalacji, zawory, zasuwy, kurki, końcówki ssące, kosze ssące, osadniki, filtry i mierniki parametrów przepływu.

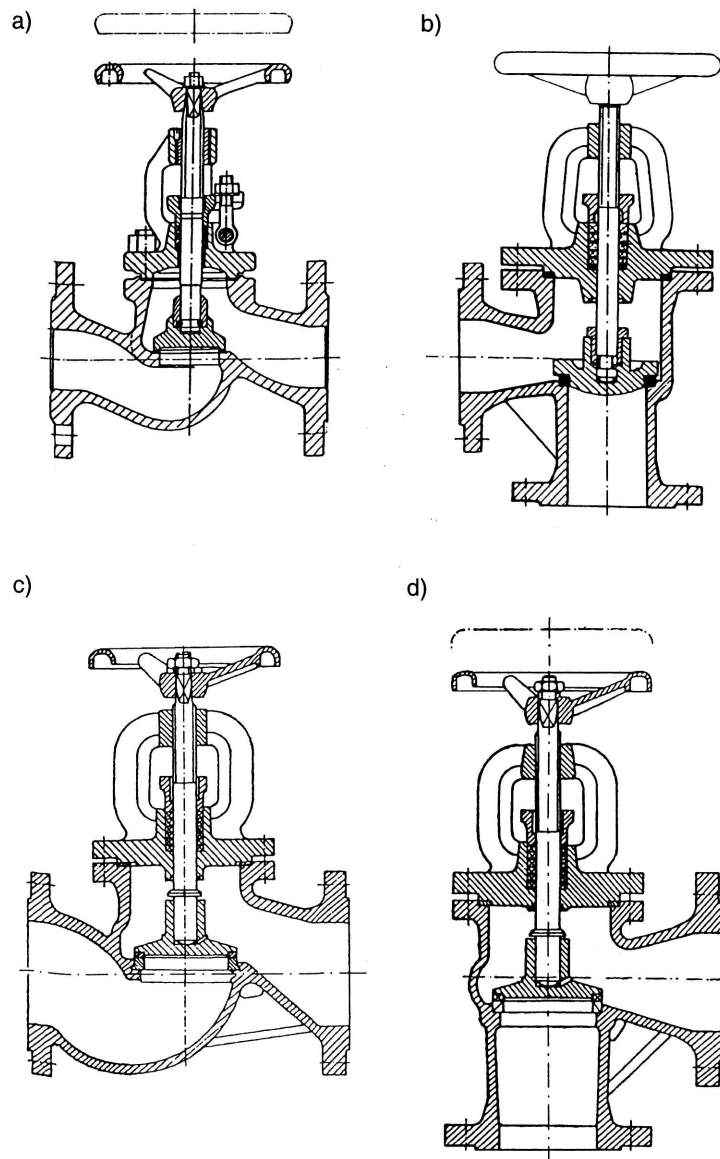
Liczba, rodzaje i parametry pomp w poszczególnych instalacjach kadłubowych określone są przepisami towarzystw klasyfikacyjnych – istotne dla eksploatatora statku informacje o pompach prezentowane są poniżej w odpowiednich rozdziałach.

Armatura instalacji kadłubowych najczęściej wykonana jest w postaci odlewów ze staliwa lub żeliwa sferoidalnego, a części ruchome i współpracujące wykonuje się z mosiądzu lub brązu. Armaturę z żeliwa szarego można instalować jedynie w rurociągach III klasy, poza rejonami podlegającymi uderzeniom hydraulicznym, dużym odkształceniom i wibracjom. Tego materiału nie można stosować do wykonania armatury instalowanej na zewnętrznym poszyciu kadłuba i na grodzi zderzeniowej.

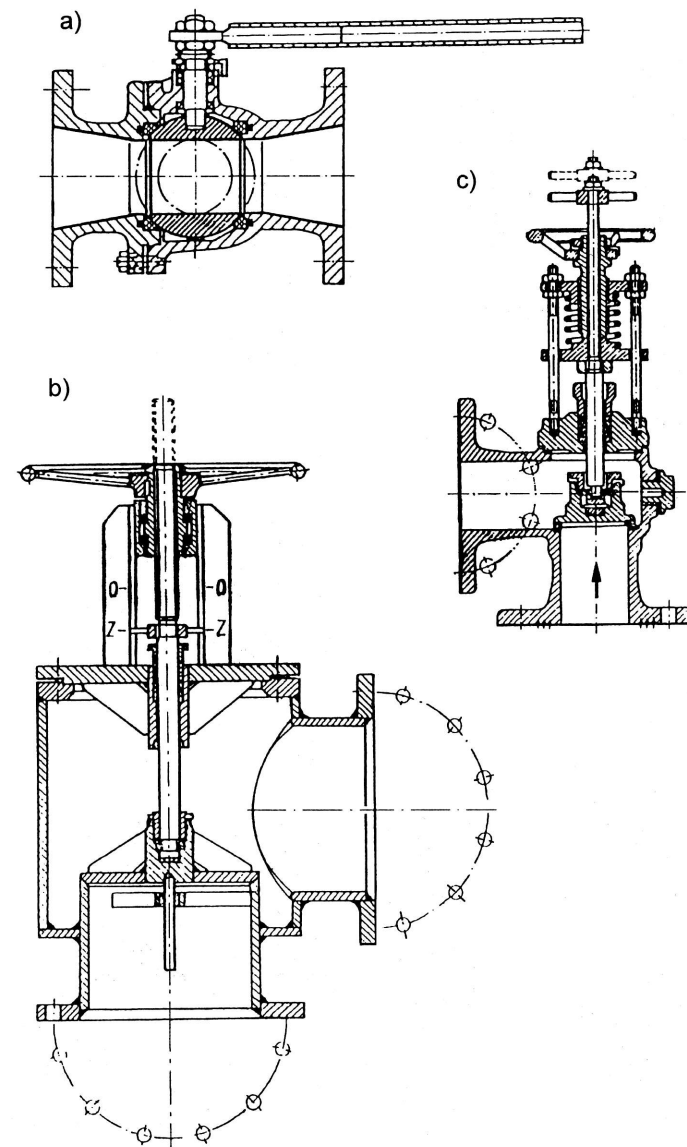
Na rysunkach 1-3 przedstawiono przykłady zaworów, zasuwy, przepustnic i skrzyń zaworowych używanych w instalacjach kadłubowych na statkach.

Na współczesnych statkach powszechnie stosuje się zdalnie sterowane zawory i zasuwy, ułatwiające i przyspieszające obsługę instalacji. Przepisy DNV i PRS wymagają w takich wypadkach wprowadzenia dodatkowego lokalnego sterowania ręcznego. Uszkodzenie zdalnego sterowania nie powinno uniemożliwiać sterowania ręcznego.

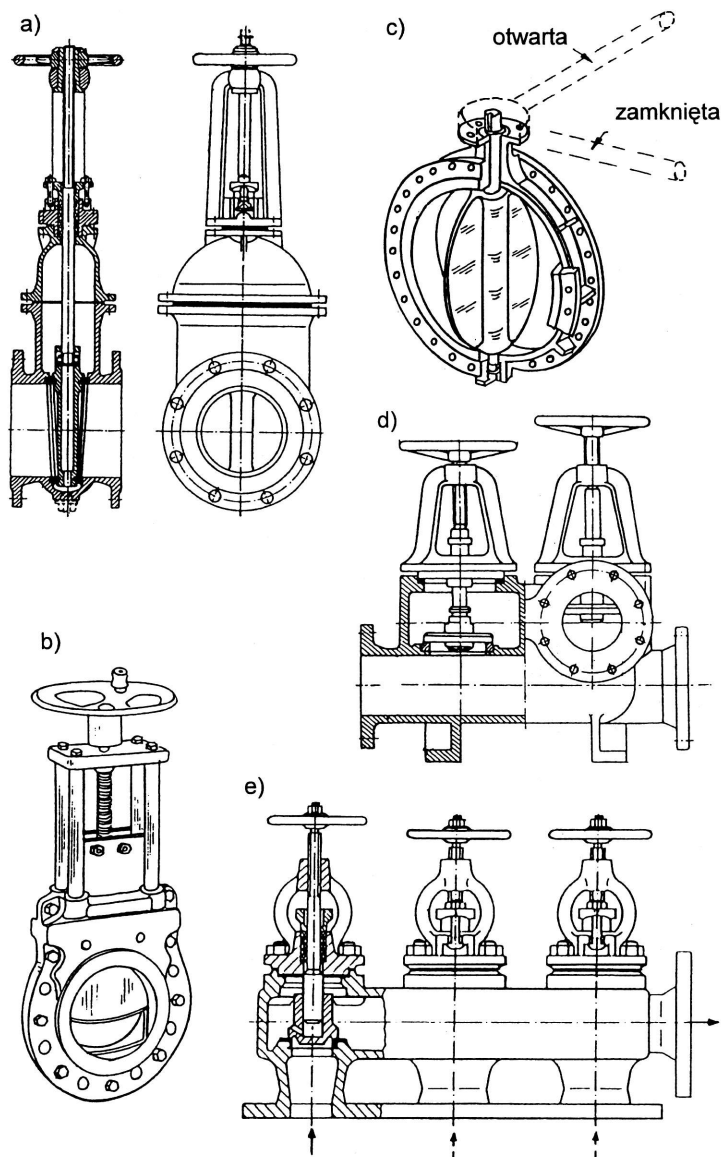
Coraz szersza automatyzacja pracy statku, wynikająca nie tylko z postępu technicznego, ale wymuszona także drastyczną redukcją liczności załóg statków powoduje, że na wielu współczesnych statkach eliminowana jest możliwość ręcznego sterowania armaturą instalacji statkowych.



Rys. 1. Zawory i zasuwy stosowane w instalacjach kadłubowych [4, 8]:
a) przelotowy odcinający, b) kątowy odcinający, c) przelotowy zwrotny zaporowy,
d) kątowy zwrotny zaporowy



Rys. 2. Zawory stosowane w instalacjach kadłubowych [4, 8, 21]:
a) kulowy, b) kingstonowy kątowy zaporowy, c) upustowy



Rys. 3. Zasuwy, przepustnice, skrzynie zaworowe stosowane w instalacjach kadłubowych [4, 8, 34, 37]: a) zasuwa klinowa, b) zasuwa nożowa, c) przepustnica, d) skrzynia zaworów odcinających, e) skrzynia zaworów zwrotnych

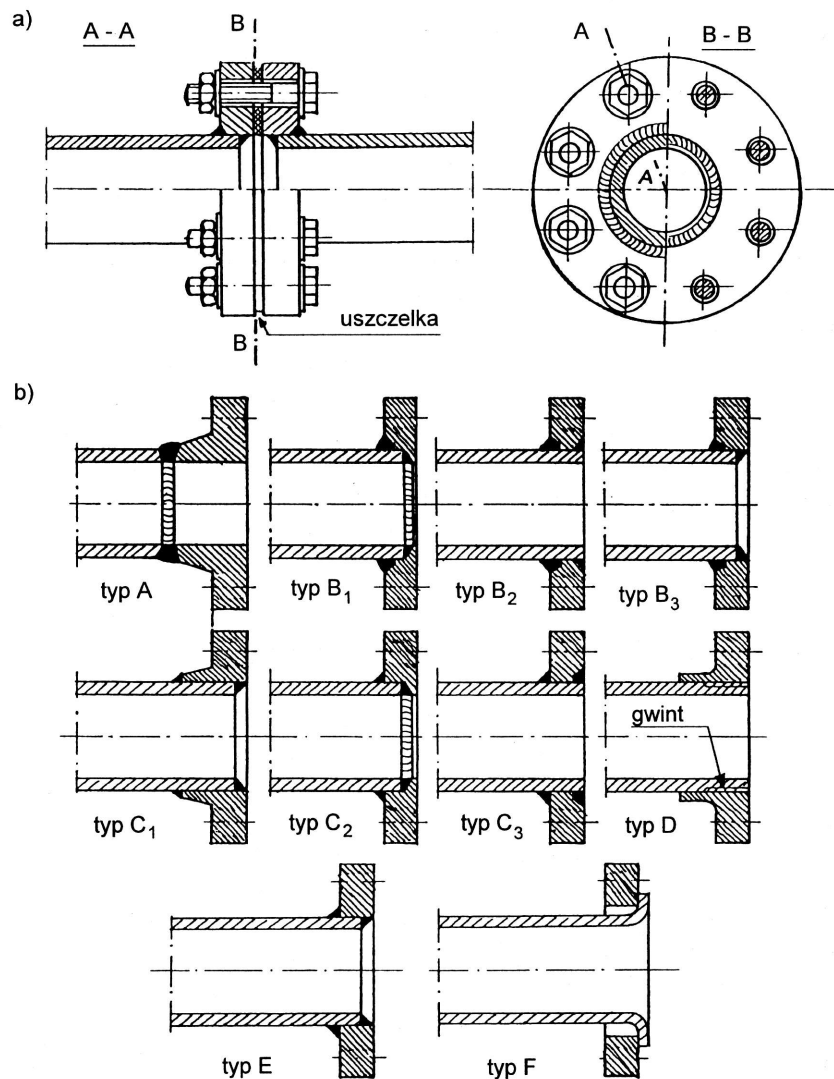
Rygorystyczne przepisy towarzystw klasyfikacyjnych wymagające możliwości ręcznej obsługi instalacji kadłubowych podczas awarii zdalnego sterowania spełniane są współcześnie poprzez stosowanie dwóch (czasami nawet trzech) niezależnych systemów zdalnego sterowania. Na przykład zawory instalacji balastowej, umieszczone wewnątrz zbiorników w dnie podwójnym, są z reguły sterowane elektrycznie i niezależnie – hydraulicznie. Przy czym przy sterowaniu hydraulicznym stosuje się zasilanie z dwóch niezależnych źródeł energii, w tym jedno z nich powinno działać również podczas awarii statkowego systemu energetycznego.

Armatura zamykająca (zawory i zasuwy zaporowe lub odcinające) w instalacjach okrętowych powinna być oznaczona za pomocą umieszczonych na niej lub w jej pobliżu tabliczek z napisami określającymi przeznaczenie armatury. Armatura zdalnie sterowana, oprócz zaworów i zasuw z awaryjnym hydraulicznym sterowaniem przy użyciu ręcznej pompy, powinna mieć wskaźniki stanów otwarcia i zamknięcia.

3.5. Łączenie rur i armatury w rurociągach

Podstawowym typem połączeń rur w rurociągach oraz armatury z rurociągami jest złącze kołnierzowe. W ostatnich latach coraz powszechniej stosuje się spawanie doczołowe rur jako mniej pracochłonny sposób łączenia. W rurociągach III klasy można wykonywać złącza spawane zakładkowe. Złącza gwintowane stosuje się wyłącznie w rurociągach III klasy (prócz rurociągów płynów palnych) i do średnic zewnętrznych rur nie przekraczających 57 mm, a złączami śrubunkowymi można łączyć rurociągi wszystkich klas o średnicach wewnętrznych do 32 mm [15].

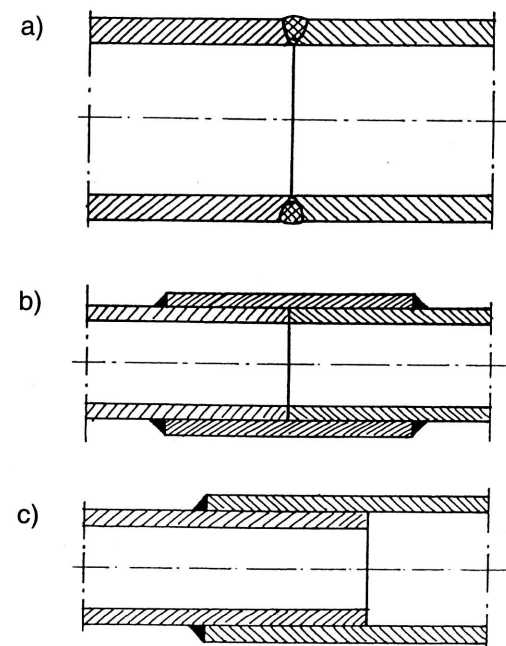
Typy zalecanych przez PRS złączy kołnierzowych przedstawione są na rysunku 4. Poszczególne typy kołnierzy i ich połączeń z rurami oznaczono symbolami: A, B, C, D, E i F. W tabeli 3, opracowanej na podstawie przepisów PRS [15], przedstawiono wymagania dotyczące stosowania poszczególnych typów połączeń kołnierzowych, w zależności od rodzaju transportowanego rurociągiem czynnika oraz jego parametrów.



Rys. 4. Połączenia kołnierzowe rur: a) złącze kołnierzowe, b) typy kołnierzy zalecane przez PRS [15]

Spawane złącze czołowe rur pokazane jest na rysunku 5. Jest to złącze z całkowitym przetopem – może ono być stosowane we wszystkich klasach rurociągów, niezależnie od zewnętrznej średnicy rur, pod warunkiem specjalnego zabezpieczenia jakości grani spoiny. Złącza czołowe bez zabezpieczania jakości grani spoiny mogą być używane w rurociągach II i III klasy. Na tym samym rysunku prezentowane jest zakładkowe złącze spawane rur, można je stosować wyłącznie do rurociągów III klasy.

Inne typy złączy rurociągów, na przykład złącza na pierścienie zaciskowe, wymagają odrębnego uzgodnienia z towarzystwem klasyfikacyjnym nadzorującym budowę statku.



Rys. 5. Spawane złącza rur: a) złącze doczołowe, dla wszystkich klas rurociągów, b) złącze zakładkowe, rurociągi III klasy, c) złącze zakładkowe rur o różnych średnicach, rurociągi III klasy

Podstawowym złączem mocowania armatury w rurociągach jest złącze kołnierzowe. Zawory, zasuw, kurki, filtry, kosze ssące itp. mają korpusy odlewane razem z kołnierzami łączącymi (rys. 1-3).

Tabela 3

Wymagane typy połączeń kołnierзовych. Opracowano na podstawie [15]

Transportowany czynnik, parametry transportu	Klasa rurociągu		
	I	II	III
Czynniki toksyczne, silnie korodujące; ciśnienie obliczeniowe przekraczające 1.0 MPa Gazy skroplone Para wodna i inne czynniki o temperaturze obliczeniowej powyżej 400° C lub ciśnieniu obliczeniowym powyżej 1.0 MPa	A	A	
Czynniki toksyczne, silnie korodujące; ciśnienia obliczeniowe do 1.0 MPa, i średnica zewnętrzna rurociągu do 150 mm Gazy skroplone, średnica zewnętrzna rurociągu do 150 mm	A, B	A, B, C	
Olej smarowy i paliwa	A, B	A, B, C	A, B, C, E
Olej smarowy i paliwa dla temperatury obliczeniowej do 150° C i ciśnienia obliczeniowego do 1.6 MPa	A, B	A, B, C, E	A, B, C, E
Para wodna o temperaturze obliczeniowej do 400° C Oleje grzewcze	A	A, B, C	A, B, C, D, E
Para wodna i oleje grzewcze; dla średnicy zewnętrznej rurociągu do 150 mm i temperatury obliczeniowej powyżej 250° C	A, B	A, B, C	A, B, C, D, E
Para wodna i oleje grzewcze; dla temperatury obliczeniowej do 250° C	A	A, B, C, D, E	A, B, C, D, E
Inne czynniki: woda, powietrze, gazy, oleje dla instalacji hydraulicznych; dla temperatury obliczeniowej powyżej 250° C	A, B	A, B, C	A, B, C, D, E
Inne czynniki; dla temperatury obliczeniowej do 250° C	A, B	A, B, C, D, E	A, B, C, D, E
Woda, instalacje bezciśnieniowe			A, B, C, D, E, F

3.6. Prowadzenie rurociągów

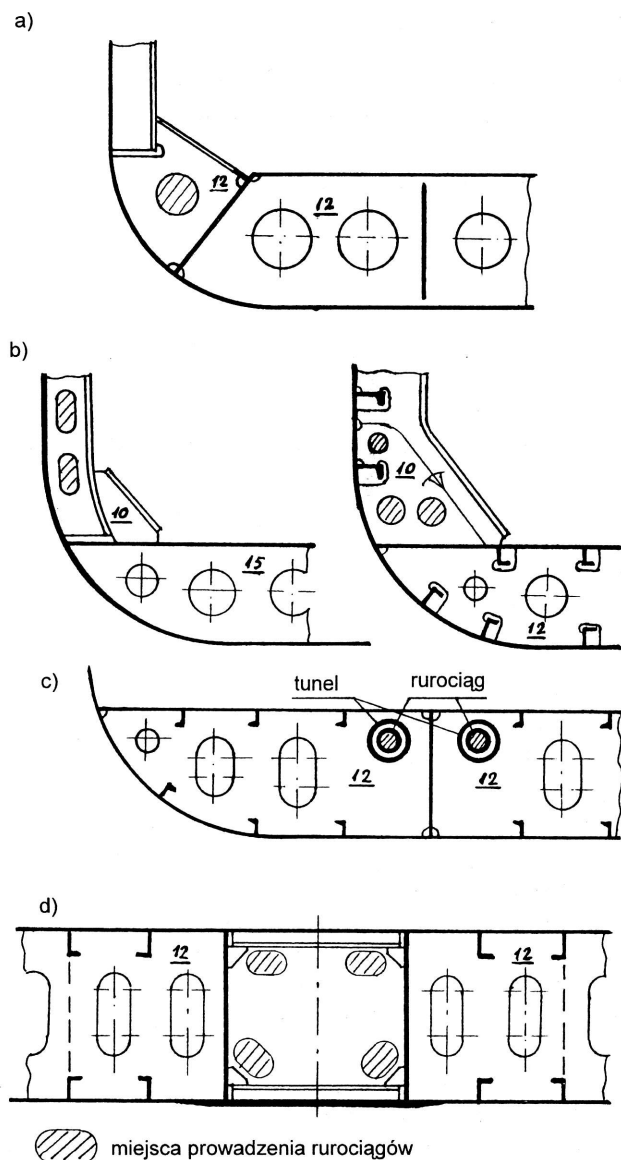
Poniżej przedstawiono zasady prowadzenia rurociągów nie tylko instalacji kadłubowych, ale również tych instalacji okrętowych, których zbiorniki znajdują się poza maszynownią.

Rurociągi instalacji okrętowych prowadzone są najczęściej wewnątrz kadłubów. Jedynie rurociągi ładunkowe na zbiornikowcach, statkach kombinowanych typu OBO i gazowcach montowane są na górnych pokładach tych statków.

Na dawnych statkach towarowych mających dno wewnętrzne ze skośnymi płytami krawędziowymi (tym terminem określane są skrajne, leżące przy burtach pasy poszycia dna wewnętrznego), naturalne zęzy utworzone przy burtach stanowiły dogodnie miejsce do prowadzenia rurociągów (rys. 6a). Na współczesnych statkach towarowych, mających na całej szerokości poziome dno wewnętrzne, prowadzi się niekiedy rurociągi przy burtach nad dnem wewnętrznym w rejonie usztywnień burtowych. To miejsce prowadzenia rurociągów pokazano na rysunku 6b. We wszystkich poprzecznych usztywnieniach burt (we wręgach na statkach z poprzecznym układem wiązań burt i we wręgach ramowych na statkach ze wzdłużnym układem wiązań burt) muszą być wycięte otwory na prowadzenie rurociągów. Osłabia to usztywnienia burt, a dodatkowo rurociągi prowadzone w tych rejonach są narażone na uszkodzenia przy uszkodzeniach mechanicznych burt. W celu uniknięcia niekontrolowanego dopływu wody morskiej do instalacji okrętowych przy uszkodzeniu burt, przepisy DNV i PRS wymagają, aby na rurociągach leżących bliżej burt niż 1/5 szerokości statku, w rejonie ich przejść przez poprzeczne grodzie wodoszczelne, były zamontowane zawory odcinające.

Najczęściej rurociągi instalacji okrętowych są prowadzone we wnętrzu dna podwójnego. Ponieważ ta przestrzeń wykorzystywana jest jako zbiorniki zapasów lub balastu wodnego, prowadzenie rurociągów przez zbiorniki musi być zgodne z wymaganiami towarzystw klasyfikacyjnych.

Według DNV i PRS, rurociągi wody do picia i wody kotłowej, przechodzące przez zbiorniki paliwa i oleju smarowego oraz rurociągi paliwa i oleju smarowego przechodzące przez zbiorniki wody do picia i wody kotłowej muszą być prowadzone w roposzczalnych tunelach związanych konstrukcyjnie ze zbiornikami. To rozwiązanie przedstawia rysunek 6c.



Rys. 6. Prowadzenie rurociągów instalacji okrętowych: a) w zężach przy burtach, b) przy burtach przez usztywnienia burt, c) przez szczelne tunele w zbiornikach, d) wewnątrz wzdłużnika tunelowego

W wypadku rurociągów: wody zaburtowej, oleju smarowego oraz rur pomiarowych, przelewowych i odpowietrzających innych zbiorników, przechodzących przez zbiorniki paliwa i oleju smarowego można zrezygnować ze stosowania roposzczelnych tuneli pod warunkiem: zachowania wymaganych przepisami grubości ścian rur, użycia rur bez szwu i nieumieszczania wewnątrz zbiorników rozbielalnych złączy, na przykład kołnierzowych.

Na zbiornikowcach, według konwencji MARPOL [11], rurociągi balastowe oraz rury pomiarowe i odpowietrzające innych zbiorników nie mogą przechodzić przez zbiorniki ładunkowe. Z kolei rurociągi ładunkowe tych statków i inne rurociągi prowadzące do zbiorników ładunkowych nie mogą przechodzić przez zbiorniki balastowe.

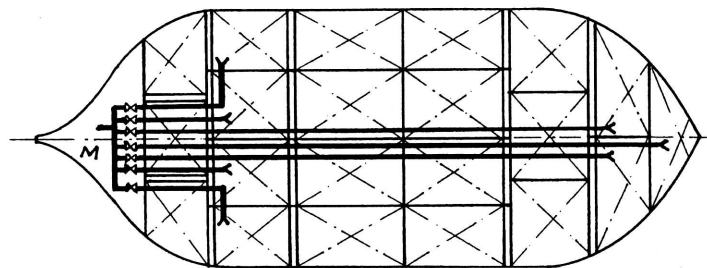
Na dużych statkach towarowych często w konstrukcji dna podwójnego, zamiast wzdłużnika środkowego, umieszcza się dwa szczelne bliźniacze wzdłużniki, tworzące wydzieloną z wnętrza dna przestrzeń, nie mającą szczelnych denników pod poprzecznymi grodziami. Powstaje dzięki temu tunel, ciągnący się wzdłuż znacznej długości statku - najczęściej pod całą jego przestrzenią ładunkową. Stanowi on dogodne miejsce do prowadzenia rurociągów instalacji okrętowych (oraz przewodów energetycznych i elektrycznych). Takie rozwiązanie konstrukcji dna w rejonie płaszczyzny symetrii statku nazywa się wzdłużnikiem tunelowym. Przestrzeń tunelu rozciąga się od grodzi zderzeniowej do przedniej grodzi maszynowni, w grodzi tej umieszczony jest otwór wejściowy do wnętrza tunelu, zamykany drzwiami wodoszczelnymi. Przekrój poprzeczny przez dno statku ze wzdłużnikiem tunelowym pokazany jest na rysunku 6d - zaznaczono na nim miejsca prowadzenia rurociągów instalacji okrętowych.

Przy prowadzeniu instalacji poza wzdłużnikiem tunelowym może być stosowany tylko rozgałęziony system rurociągów, w którym rurociągi zbiorcze (magistralne) prowadzone są wyłącznie wewnątrz maszynowni, tam też znajdują się wszystkie inne elementy armatury, w tym zawory lub zasuwy na rurociągach odgałęźnych prowadzących do poszczególnych zbiorników. Przykładowy, rozgałęziony system instalacji balastowej pokazany jest na rysunku 7a.

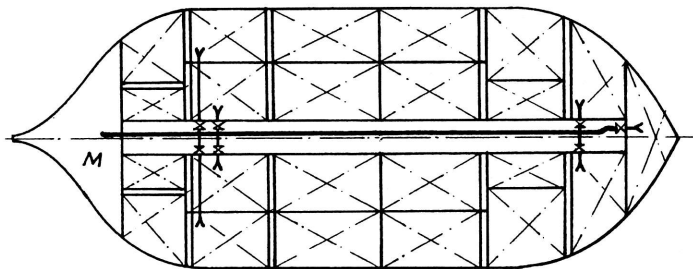
Konieczność dostępu do armatury sterującej pracą instalacji uniemożliwia przedłużenie rurociągów magistralnych poza maszynownię, do części ładunkowej statku - na załadowanym statku dojście do armatury umieszczonej w zapelnionych ładowniach byłoby nie-

możliwe. Można byłoby stosować wówczas wspomniane wyżej podwójne systemy zdalnego sterowania armaturą instalacji, ale jest to bardzo kosztowne rozwiązanie, stosowane wyłącznie w technicznie i ekonomicznie uzasadnionych wypadkach.

a)



b)



Rys. 7. Schematy instalacji balastowych: a) rozgałęziony system rurociągów, b) system z magistralnym rurociągiem we wzdłużniku tunelowym

Wzdłużniki tunelowe generalnie zmieniają możliwości kształtowania systemów rurociągów instalacji statkowych. Rurociągi magistralne prowadzone są we wnętrzu wzdłużnika tunelowego pod całą częścią ładunkową statku, a więc wzdłuż prawie całej rozpiętości przestrzeni dna podwójnego. Od tych rurociągów odchodzą rurociągi odgałęźne do poszczególnych zbiorników dennych, zaopatrzone w zdalnie sterowane zawory lub zasuwę. Ta armatura może być ręcznie sterowana z wnętrza tunelu w razie awarii zdalnego sterowania.

Schemat instalacji balastowej z magistralnym rurociągiem biegnącym we wzdłużniku tunelowym przedstawia rysunek 7b. Z porównania obu prezentowanych schematów widać, że łączna długość rurociągów systemu z rurociągiem magistralnym we wzdłużniku tunelowym jest znacząco krótsza niż systemu rozgałęzionego.

Zalety wzdłużnika tunelowego, zastępującego denny wzdłużnik środkowy, okazały się na tyle istotne, że obecnie często buduje się statki, na których denne wzdłużniki boczne wykonuje się w wersji tunelowej. Przekrój poprzeczny przez dno takiego statku pokazany jest na rysunku 8.

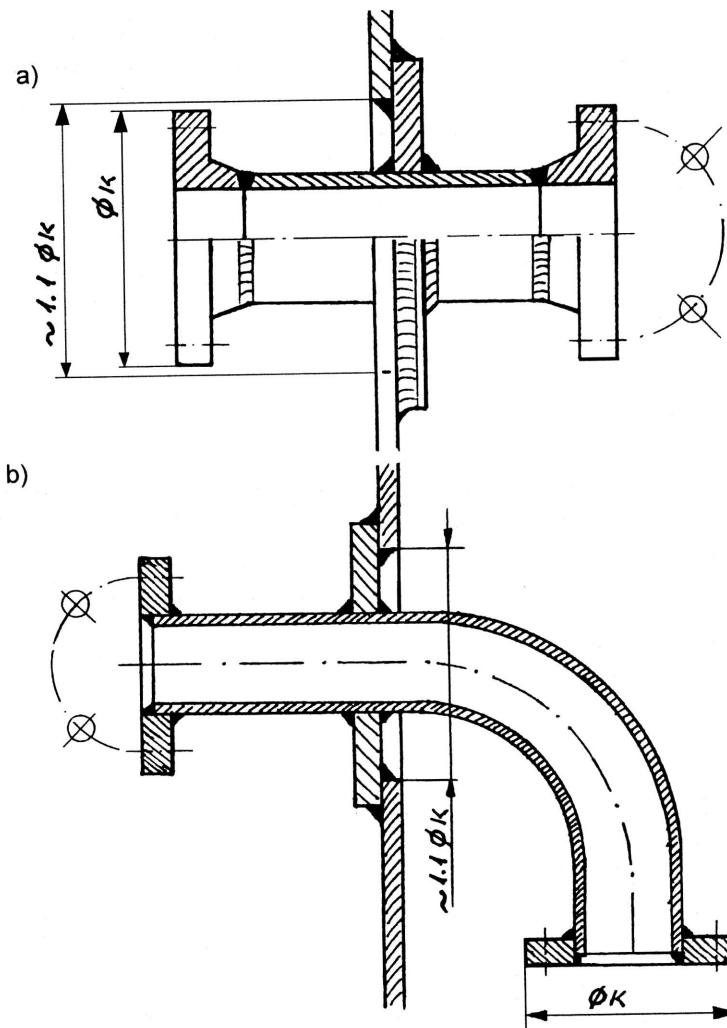


Rys. 8. Dno podwójne statku z dennymi bocznymi wzdłużnikami typu tunelowego

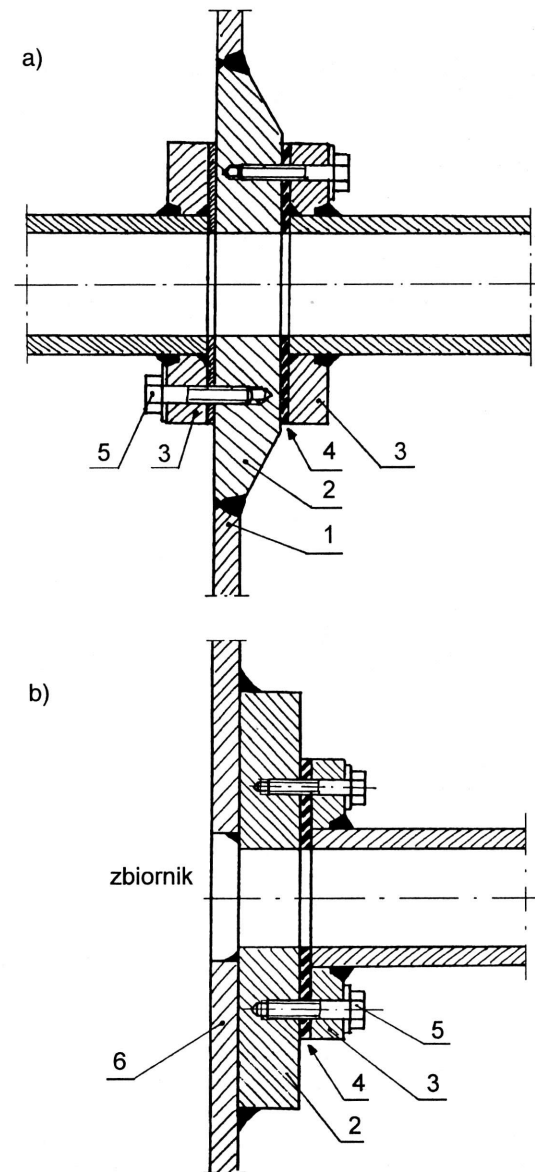
3.7. Przejścia rurociągów przez grodzie i szczelne ściany

Przy przepuszczaniu rurociągów instalacji okrętowych przez grodzie i inne szczelne przegrody (denniki szczelne, pokłady, ściany zbiorników, wzdłużniki denne szczelne) stosuje się przejścia grodziowe, zwane inaczej łącznikami grodziowymi (rys. 9), lub w poszyciach grodzi czy innych szczelnych ścian montuje się kołnierze grodziowe (rys. 10).

Liczbę przejść rurociągów przez poprzeczne i wzdłużne grodzie należy na statkach ograniczyć do niezbędnego minimum. Według przepisów DNV i PRS rurociągi powinny przechodzić przez grodzie w odległościach od burt w zasadzie nie mniejszych niż 1/5 szerokości statku. Gdy nie jest spełniony ten warunek, jak przy prowadzeniu rurociągów w miejscach pokazanych na rysunkach 6a i 6b, należy na rurociągach instalować w pobliżu grodzi dodatkowe zawory odcinające.

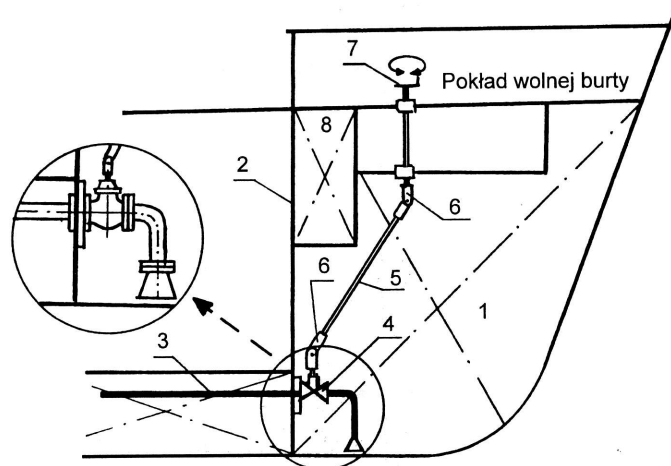


Rys. 9. Przejścia (łączniki) grodziowe: a) prosty z kołnierzami typu A, dla I klasy rurociągów, b) kątowy (kolanowy) z kołnierzami typu E, dla III klasy rurociągów



Rys. 10. Kołnierz grodziowy: a) przejście rurociągu przez gródź, b) podłączenie rurociągu do zbiornika; 1 – gródź, 2 – przyspawany kołnierz grodziowy, 3 – kołnierz rury, 4 – uszczelka, 5 – śruba mocująca, 6 – gródź zbiornika

Szczególnie ostre wymagania dotyczą rurociągów przechodzących przez gródź zderzeniową. Na każdym rurociągu przez nią przechodzącym należy, bezpośrednio na ścianie grodzi od strony skrajnika, zainstalować zawór odcinający. Musi on być sterowany ręcznie, za pomocą drąga z pokrętką lub w inny, równoważny sposób. Drąg powinien być wyprowadzony ponad pokład grodziowy na statkach posiadających znak niezatapialności w symbolu klasy statku lub ponad pokład wolnej burty na pozostałych statkach. Przykładowe rozwiązanie sterowania ręcznego takim zaworem z mechanicznym przeniesieniem momentu obrotowego z pokrętki na zawór za pomocą układu drągów przedstawia rysunek 11.



Rys. 11. Zawór odcinający rurociąg balastowego przechodzącego przez gródź zderzeniową; 1 – skrajnik dziobowy, 2 – gródź zderzeniowa, 3 – rurociąg balastowy, 4 – zawór odcinający, 5 – drąg, 6 – sprężło Cardana, 7 – pokrętło, 8 – komora łańcucha kotwicznego

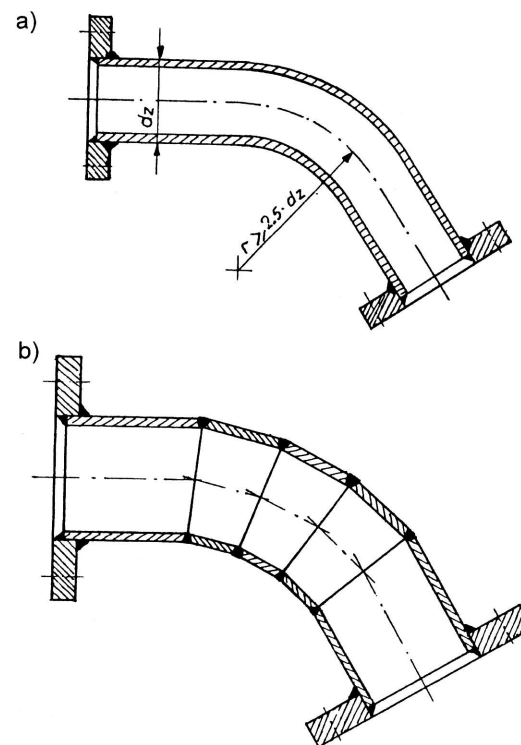
3.8. Zakrzywienia i rozgałęzienia rurociągów

Zakrzywienia (kolana) rurociągów mogą być wykonane poprzez gięcie rur lub drogą spawania odcinków rur. Według przepisów DNV i PRS średnie promienie gięcia rur stalowych nie mogą być mniejsze od dwuipółkrotnej średnicy zewnętrznej rur przy ciśnieniach czynnika w rurociągu wyższych niż 0.5 MPa lub dla temperatur wyższych od

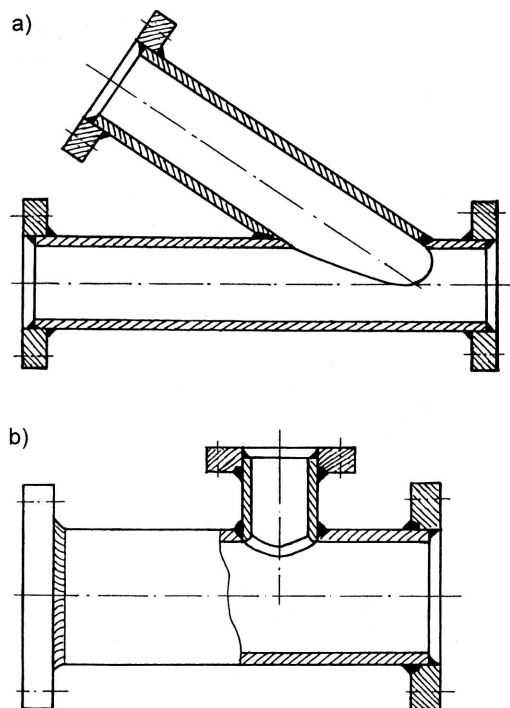
60° C. Dla niższych ciśnień i temperatur średni promień gięcia rur może być zmniejszony pod warunkiem, że w procesie gięcia nie następuje zmniejszenie grubości ścianki rury.

Na rysunku 12 pokazano kolana rur wykonane poprzez gięcie i drogą spawania z segmentów. Segmenty wycinane są z rur metodą bezodpadową: z rury wycina się klinowe segmenty i po obrocie o 180° co drugiego segmentu i zesparowaniu z pozostałymi otrzymuje się zakrzywiony odcinek rurociągu.

Rozgałęzienia rurociągów wspólnie wykonuje się poprzez spawanie odpowiednio obrobionych (wyciętych) odcinków rur. Rysunek 13 przedstawia rozwidlenie pod małym kątem rurociągów o tej samej średnicy oraz prostopadłe podłączenie rurociągu o małej średnicy do rurociągu głównego.



Rys. 12. Zakrzywienia (kolana) rurociągów: a) gięte, b) spawane z segmentów



Rys. 13. Rozgałęzienia rurociągów: a) rozwidlenie rurociągów o tej samej średnicy, b) prostopadłe odgałęzienie rurociągu

4. Zbiorniki kadłubowe

4.1. Podział zbiorników

Zbiorniki na statkach służą do przewożenia:

- płynnych ładunków (ropy naftowej, jej produktów, chemikaliów, skroplonych gazów, słodkiej wody, płynnych produktów spożywczych itp.);
- ciekłych zapasów (paliw, oleju smarowego, słodkiej wody: sanitarnej, pitnej i do kotłów);
- balastu wodnego;

- ścieków (sanitarnych, od mycia ładowni, cieczy zaolejonych i zanieczyszczonych substancjami niebezpiecznymi dla środowiska morskiego).

Oddzielną grupę stanowią zbiorniki systemów poprawy bezpieczeństwa statku jak: przeciwpromyślowy i stabilizacji kołysania statku.

Na statkach towarowych do przewozu ładunków suchych zbiorniki różnych systemów zajmują przeciętnie kilkanaście procent objętości wnętrza statku [21]. Na statkach do ładunków płynnych: zbiornikowcach, gazowcach, statkach kombinowanych typu OBO, praktycznie całe wnętrze kadłuba, poza przedziałami: maszynowni, pompowni i ochronnymi, wypełnione jest przez zbiorniki ładunkowe i systemów statkowych.

Najczęściej zbiorniki stanowią integralne części kadłubów statków, oddzielone szczelnymi ścianami od innych zbiorników i przestrzeni – takie zbiorniki noszą nazwę kadłubowych. Prócz nich na statkach, zwłaszcza w maszynowniach, rozmieszczone są niewielkie zbiorniki niepowiązane konstrukcyjnie z kadłubem. Są to z reguły zbiorniki ciśnieniowe instalacji: hydroforowych, hydrauliki siłowej, sprężonego powietrza lub CO₂. Na gazowcach przewożących skroplone gazy zbiorniki ładunkowe mogą być wykonane jako samonośne, wstawiane do wnętrza kadłuba i niezwiązane z nim konstrukcyjnie.

4.2. Zbiorniki ładunkowe na statkach do ładunków płynnych

Współcześnie większość ładunków płynnych przewożona jest na statkach specjalnie do tego celu budowanych: zbiornikowcach i gazowcach. Na obu wymienionych typach jednostek ładunki (ciecze i skroplone gazy) przewozi się w szczelnych zbiornikach wbudowanych lub wstawionych w kadłub. Większość z przewożonych statkami ładunków płynnych stanowi, w wypadku wycieku ze zbiorników lub rozlewów, zagrożenie dla statków, ich załóg oraz dla środowiska morskiego – są to często substancje palne lub łatwo palne, toksyczne lub agresywne. W wypadku gazów skroplonych parametry transportu (wysokie ciśnienia i/lub niskie temperatury) stwarzają dodatkowe niebezpieczeństwa nawet w odniesieniu do gazów niepalnych i

nietoksycznych. Wysokie ryzyko związane z transportem morskim ładunków płynnych powoduje, że budowa i eksploatacja statków do ich przewozu podlega rygorystycznym przepisom Międzynarodowej Organizacji Morskiej – IMO.

Statki przewożące ropę naftową i jej produkty określane są przepisami IMO jako zbiornikowce olejowe. Transport tych substancji oraz operacje przeładunkowe i przygotowania statków uważa się za główne (dotychczas) źródło zanieczyszczenia mórz. Jednym ze sposobów walki z zanieczyszczeniami ropopochodnymi jest przestrzeganie przepisów budowy, wyposażenia i eksploatacji zbiornikowców olejowych zawartych w *Międzynarodowej Konwencji o Zapobieganiu Zanieczyszczeniu Morza przez Statki MARPOL 1973* [11].

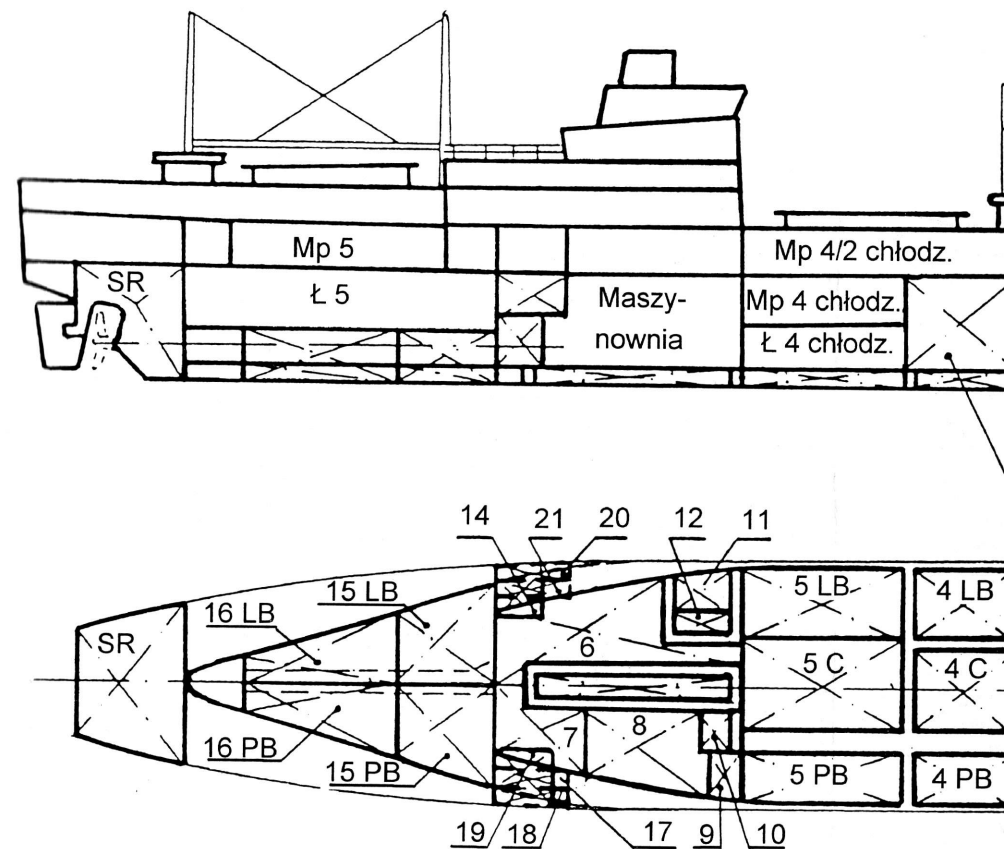
Również wysokie potencjalne niebezpieczeństwo skażenia mórz wiąże się z transportem ciekłych substancji chemicznych. Statki do ich przewozu, nazywane chemikaliowcami, budowane są i powinny być eksploatowane zgodnie z przepisami zawartymi w *Międzynarodowym Kodzie Budowy i Wyposażenia Statków Przewożących Niebezpieczne Chemikalia Luzem*, opracowanym przez IMO, w skrócie określanym jako *Kod IBC* [5].

Statki przewożące skroplone gazy, czyli gazowce, powinny z kolei spełniać wymagania *Międzynarodowego Kodu Bezpiecznej Eksploatacji Gazowców*, również opracowanego przez IMO, w skrócie nazywanego *Kodem IGC* [6].

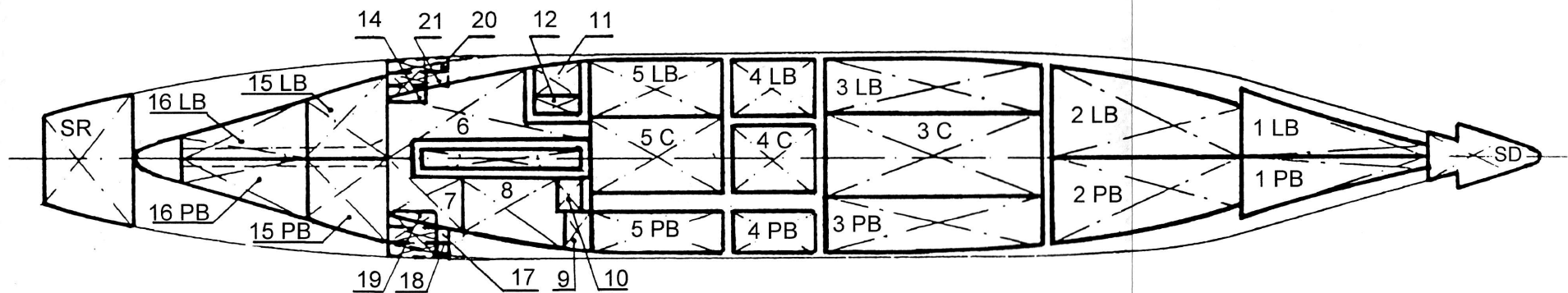
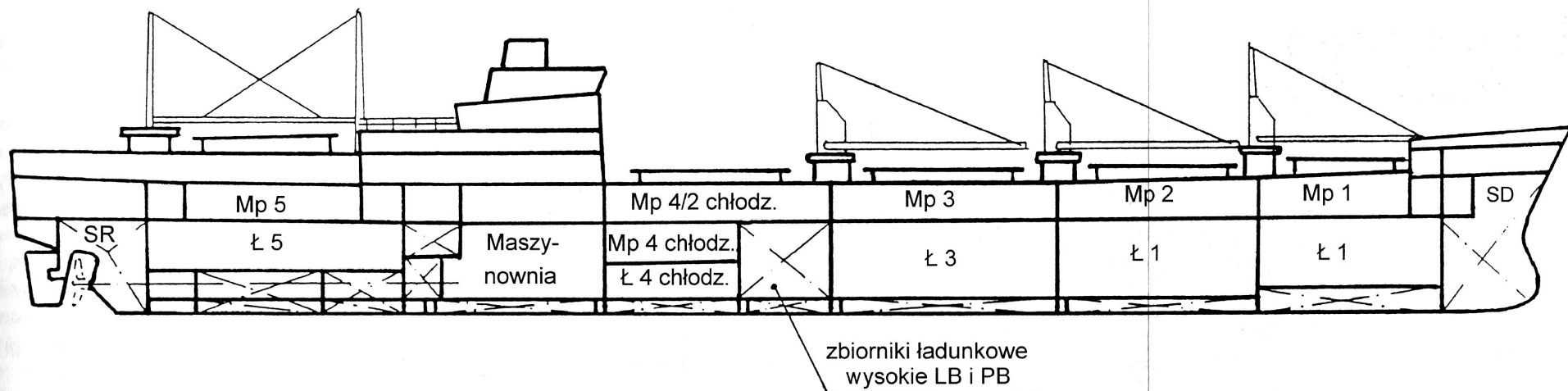
Szczegółowe przepisy konwencji MARPOL oraz obu wymienionych wyżej kodów dotyczą między innymi: konstrukcji, rozmieszczenia, wielkości i wyposażenia zbiorników ładunkowych na poszczególnych typach statków. Te przepisy określają również wymiary i rozpiętości przestrzeni ochronnych, oddzielających zbiorniki ładunkowe od zewnętrznego poszycia kadłuba i od innych przestrzeni statku.

Pominięto tu informacje o zbiornikach ładunkowych zbiornikowców i gazowców, a także o ich instalacjach ładunkowych. Zagadnienia związane z budową i eksploatacją zbiornikowców prezentowane są w publikacjach [13, 22-26, 28], natomiast publikacje [7 i 27] dotyczą gazowców.

Na statkach do przewozu ładunków płynnych, prócz zbiorników ładunkowych są również zbiorniki do przewozu: zapasów, ścieków i popłuczyn oraz balastu wodnego. Są one usytuowane w dnie podwójnym, w skrajnikach oraz pomiędzy podwójnymi burtami, jeżeli takie są na jednostce. W zbiornikach w skrajnikach i wewnątrz podwójnych burt nie można przewozić paliwa i oleju smarowego.



Rys. 14. Rozmieszczenie zbiorników



Rys. 14. Rozmieszczenie zbiorników na towarowcu uniwersalnym

4.3. Rozmieszczenie zbiorników na statkach do ładunków suchych

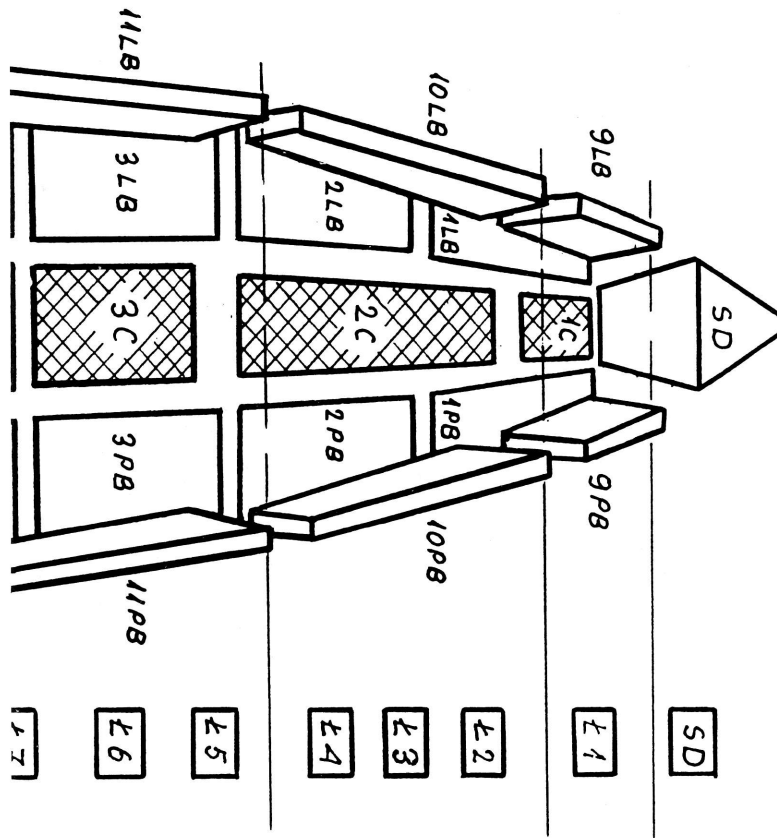
Na statkach do przewozu ładunków suchych luzem i w opakowaniach usytuowanie, sumaryczna objętość i wielkości zbiorników zależą od typu statku, jego wielkości, prędkości i autonomiczności pływania. Przykładowo opisano poniżej rozplanowanie zbiorników na towarowcu, kontenerowcu z podwójnymi burtami i masowcu.

Na towarowcach zbiorniki kadłubowe zajmują przestrzenie dna podwójnego i skrajników. W wypadku, gdy sumaryczna objętość tych przestrzeni jest niewystarczająca, na zbiorniki przeznacza się również część przestrzeni powyżej dna wewnętrznego. Zbiorniki umieszczone między ładowniami, sięgające od dna wewnętrznego do dolnego pokładu nazywa się zbiornikami wysokimi (ang. *deep tank*). Na rysunku 14 pokazano przykładowe rozmieszczenie zbiorników na towarowcu uniwersalnym o nośności 14 000 ton, przystosowanym do przewozu kontenerów w świetle luków i na pokładach. Oprócz zbiorników w skrajnikach i w dnie wewnętrznym są na tej jednostce zbiorniki wysokie: w maszynowni, używane jako rozchodowe oraz trzy zbiorniki ładunkowe (lewy, środkowy i prawy) pomiędzy ładowniami 3 i 4.

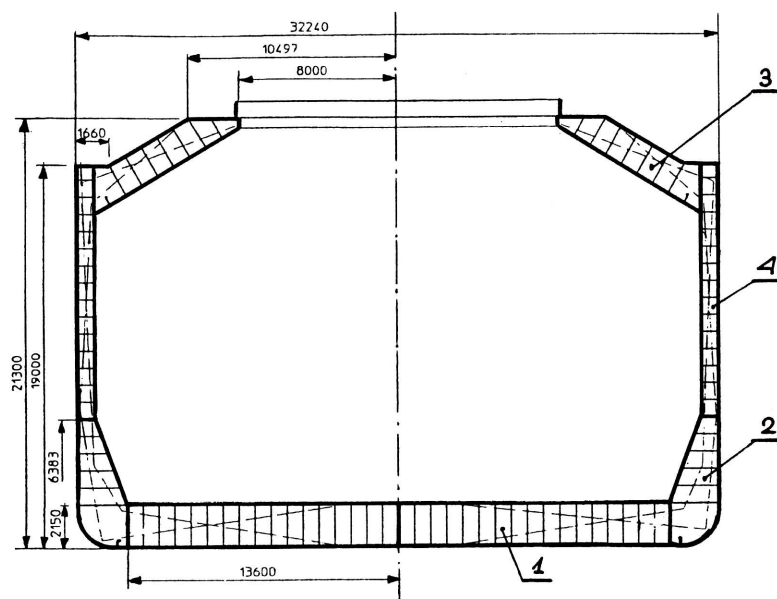
Na statkach z podwójnymi burtami, jak kontenerowce, niektóre masowce i statki typu ro-ro, przestrzeń między burtami lub ich część jest wykorzystana na zbiorniki.

Na rysunku 15 przedstawiono sposób rozmieszczenia zbiorników na kontenerowcu komorowym. Na tej jednostce zbiorniki również zajmują przestrzenie dna wewnętrznego i skrajników. Pomiędzy częścią ładunkową statku a maszynownią znajdują się zbiorniki wysokie, umieszczono je także w rufowej części maszynowni. Przestrzenie podwójnych burt w części ładunkowej wykorzystane są w całości jako zbiorniki.

Statki do przewozu ładunków masowych luzem (masowce, statki kombinowane typu OBO), prócz zbiorników w dnie wewnętrznym i w skrajnikach, mają dodatkowo zbiorniki pod pokładami, pomiędzy bocznymi zrębnicami luków a burtami – te zbiorniki nazywane są szczytowymi lub skrzydłowymi (ang. *wing tank*). Na omawianych typach statków zbiorniki znajdujące się pod skośnymi płytami krawędziowymi dna wewnętrznego określane są jako zbiorniki obłowe.



Omówione zbiorniki widoczne są na rysunku 16, przedstawiającym przekrój przez część ładunkową masowca samotrymownego. To określenie oznacza, że dzięki ukształtowaniu poprzecznego przekroju ładowni jak na rysunku, zarówno załadunek, jak i wyładunek można prowadzić bez pracochłonnego poprzecznego przemieszczania ładunku, czyli trymowania. Warunkiem uzyskania cechy samotrymowności jest nachylenie płyt krawędziowych dna wewnętrznych i dolnych płatów poszycia zbiorników szczytowych pod kątami większymi od kątów usypu przewożonych ładunków.



Rys. 16. Zład poprzeczny masowca typu panamaks; 1 – zbiorniki w dnie podwójnym, 2 – zbiorniki obłowe, 3 – zbiorniki szczytowe, 4 – przestrzeń między podwójnymi burtami, łączące zbiorniki obłowe ze szczytowymi

4.4. Zbiorniki ładunkowe na statkach do ładunków suchych

Towarowce uniwersalne jako statki przystosowane do przewozu różnych ładunków suchych luzem lub w opakowaniach (drobnica), mają najczęściej również możliwość przewozu niewielkich ilości

ładunków ciekłych. Służą do tego celu zbiorniki ładunkowe (jeden lub dwa), położone w części dziobowej lub środkowej statku. Mają one oddzielne rurociągi zasilające, prowadzące do maszynowni. Do przepompowywania tych ładunków wykorzystuje się pompy ogólnego użytku. Takie zbiorniki widać na planie zbiorników towarowca (rys. 14), są to zbiorniki wysokie znajdujące się pomiędzy środkowymi ładowniami statku.

4.5. Zbiorniki zapasów

Zapasy na statkach to przede wszystkim: paliwa, czyli ciecz palne (o temperaturach zapłonu poniżej 60° C), olej smarowy (ze względu na wysoką temperaturę zapłonu zaliczany do cieczy trudno palnych) oraz woda słodka: pitna, sanitarna i kotłowa (na niektórych statkach nie ma podziału na wodę sanitarną i pitną). Zbiorniki do przechowywania zapasów znajdują się w dnie podwójnym statków. Jako zbiorniki wody słodkiej wykorzystuje się niekiedy przestrzenie w skrajnikach ewentualnie przestrzenie między podwójnymi burtami. Należy podkreślić, że przepisy towarzystw klasyfikacyjnych zabraniają przewożenia paliw i innych cieczy palnych w zbiornikach w skrajnikach i między podwójnymi burtami.

Zbiorniki paliwa i oleju smarowego, jeżeli są położone obok zbiorników wody słodkiej, balastu wodnego lub ścieków, powinny być oddzielone przedziałami ochronnymi (koferdamami) [1, 15, 17].

4.6. Zbiorniki balastu wodnego

Część zbiorników przeznaczona jest do przewozu balastu wodnego. Służy on przede wszystkim do poprawiania stateczności statków. Przy zużywaniu zapasów z dennych zbiorników środek masy statku przemieszcza się w górę, zmniejszając stateczność jednostki. Przeciwdziała się temu napełniając (sukcesywnie w miarę ubywania zapasów) balastem wodnym zbiorniki w dnie podwójnym. Drugim ważnym zadaniem balastu wodnego jest zmniejszanie lub likwidacja przegłębienia statku wywołanego załadunkiem, wyładunkiem lub zużyciem zapasów. Do tego celu najczęściej korzysta się ze zbiorników w skrajnikach. Środki objętości tych zbiorników leżą daleko od

osi obrotu statku (przechodzącej przez środek powierzchni aktualnej wodnicy pływania); przy umiarkowanej masie balastu wodnego uzyskuje się poprzez napełnienie lub opróżnienie skrajników znaczne momenty przegłębiające. Również przechył statku można zrównoważyć niesymetrycznym napełnieniem zbiorników balastowych po jednej burcie statku.

Na długich statkach można ponadto, poprzez odpowiednie ich zabalastowanie, zmniejszyć obciążenia kadłuba, wywołane nierównomiernym wzdłużnym rozkładem mas. Obciążenia w konstrukcji kadłuba (siły tnące i momenty gnące) wynikają z występowania wzdłuż kadłuba lokalnych różnic między rozkładami ciężarów i sił wyporu. Zazwyczaj największe obciążenia występują dla stanów pływania statków bez ładunków. Nadmiary ciężarów na rufie (maszynownia) i dziobie (ciężkie wyposażenie kotwiczne i cumownicze, balast w skrajniku dziobowym) nad wyporami tych wąskich części kadłuba oraz nadmiar wyporu części środkowej kadłuba, o niewielkim ciężarze wobec braku ładunku, wywołują obciążenia wyginające kadłub wypukłością do góry. Te obciążenia (siły tnące i momenty gnące) nie powinny przekraczać dopuszczalnych dla konstrukcji statku wartości, ich przekroczenie może bowiem powodować trwałe odkształcenia, a niekiedy uszkodzenia kadłuba. Odpowiednie balastowanie statku – napełnienie balastem zbiorników w środkowych partiach statku – pozwala na obniżenie obciążeń kadłuba do bezpiecznych wartości. W wypadkach, gdy nadmierne obciążenia wystąpią w stanie załadowania statku ładunkiem (rozłożonym w środkowej części statku), można je zmniejszyć, balastując zbiorniki na dziobie i rufie jednostki.

Na statkach krótkich i średniej długości (do 150 m) całkowita masa balastu wodnego w zbiornikach wynosi najczęściej kilkanaście procent ich maksymalnej nośności, natomiast na dużych i długich statkach, pływających często bez ładunku (zbiornikowce, masowce, statki kombinowane typu OBO), łączna masa balastu w zbiornikach może dochodzić do 30% nośności tych jednostek.

Najczęściej zbiorniki balastowe rozmieszczone są w dnie podwójnym oraz w skrajnikach, o ile te ostatnie nie są wykorzystywane jako zbiorniki wody słodkiej. Szerokie zbiorniki balastowe w dnie podwójnym powinny być albo puste albo całkowicie napełnione – pośrednich stanów należy unikać. Przelewający się, przy ruchach statku na fali, balast wodny w niecałkowicie napełnionych szerokich

zbiornikach silnie zmniejsza stateczność jednostki. Częściowo napełnione mogą być natomiast wąskie zbiorniki w skrajnikach, w których wpływ przelewania się balastu na stateczność jest pomijalnie mały.

Na statkach z podwójnymi burtami (zbiornikowcach, kontenerowcach komorowych, niektórych masowcach i statkach poziomego ładowania) również przestrzenie między burtami mogą służyć jako zbiorniki do balastu wodnego. Na masowcach samotrymownych i statkach kombinowanych typu OBO, w razie potrzeby, można przewozić balast również w zbiornikach obłowych i szczytowych. Napełnienie balastem wodnym całości lub części zbiorników szczytowych masowca wiąże się z podniesieniem w górę jego środka masy i w konsekwencji ze zmniejszeniem stateczności statku. Przy przewozie ładunków ciężkich (na przykład rudy metali) jest to pożądane, gdyż nadmierna stateczność, wynikająca z nisko położonego środka masy statku (ciężkie rudy zapełniają jedynie niewielką objętość ładowni przy wykorzystanej nośności jednostki), jest niebezpieczna. Statek ze zbyt dużą statecznością jest „sztywny” – tym opisowym terminem określa się zbyt szybkie jego reagowanie na falowanie, objawiające się występowaniem dużych przyspieszeń i w konsekwencji dużych sił bezwładności działających niekorzystnie na konstrukcję kadłuba.

Na niektórych masowcach, przystosowanych do przewozu również rud metali, na zbiorniki balastu wodnego wykorzystuje się wszelkie dostępne przestrzenie wewnątrz kadłuba. Przykładowo na rysunku 16 pokazano zład poprzeczny, a na rysunku 17 – wycinek zładu wzdłużnego oraz wycinek przekroju wodnicowego dziobowej części masowca typu panamaks (o maksymalnie dużej nośności i wymiarach dostosowanych do śluz Kanału Panamskiego). Na tym statku zbiorniki obłowe, poprzez przestrzenie podwójnych burt, łączą się ze zbiornikami szczytowymi i razem ze zbiornikami dna podwójnego tworzą na lewej i prawej burcie wysokie przestrzenie balastowe sięgające od dna do pokładu. Dodatkowo również wnętrza podwójnych grodzi poprzecznych oraz górnych i dolnych cokołów tych grodzi przystosowane są do przewozu balastu.

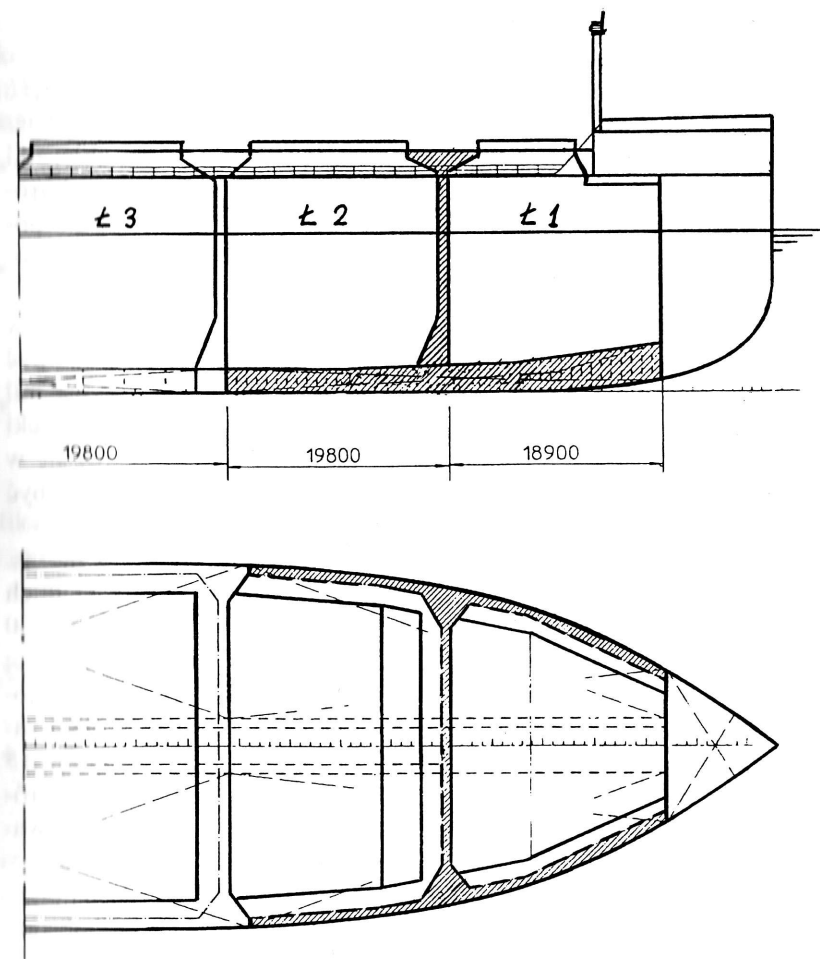
Należy dodać, że na dużych masowcach często istnieje możliwość przewożenia balastu w dziobowej ładowni. Jej napełnienie wodą morską zwiększa zanurzenie dziobu statku, w trakcie podróży bez ładunku, do wielkości pozwalającej uniknąć wynurzenia dziobu jednostki podczas pływania po silnie sfalowanym morzu. To wynurzenie

dziobu ponad powierzchnię wody i następujące za moment gwałtowne jego opadanie w dół i uderzanie dnem dziobowej części statku o wodę, nazywane z angielska *slammingiem*, jest bardzo niebezpieczne dla konstrukcji dziobu – przy silnych sztormach grozi uszkodzeniem kadłuba. Stan statku z dziobową ładownią napełnioną wodą określa się jako stan balastowy ciężki. Przy alternatywnym przewożeniu w dziobowej ładowni balastu wodnego musi być do niej doprowadzony rurociąg z instalacji balastowej jednostki. Ładownia powinna być maksymalnie napełniona w celu uniknięcia niekorzystnego wpływu przelewania się balastu wodnego na stateczność statku podczas jego kołysania na fali.

Na zbiornikowcach, przed wejściem w życie postanowień konwencji MARPOL, balast wodny był przewożony najczęściej w opróżnionych zbiornikach ładunkowych, a wyrzucanie do morza przed załadunkiem zanieczyszczonego balastu było jednym z głównych źródeł zanieczyszczenia mórz. Przepisy konwencji ograniczyły ten proceder. Nowe zbiornikowce (przekazane do eksploatacji od początku 1979 roku) mają wydzielone zbiorniki balastowe. Prócz uzasadnionych ciężkimi warunkami pogodowymi wypadków nie wolno na nich przewozić balastu w zbiornikach ładunkowych. Natomiast armatorzy eksploatujący zbiornikowce istniejące, zbudowane przed wejściem w życie przepisów konwencji, mieli dwa lata (statki o nośności 70 000 t i większe) lub cztery lata (statki o nośności mniejszej niż 70 000 t) na dostosowanie statków do wymagań konwencji poprzez:

- wydzielenie zbiorników oddzielnego balastu spośród zbiorników ładunkowych oraz zamontowanie oddzielnej instalacji obsługi tych zbiorników;
- wydzielenie zbiorników czystego balastu, czyli zbiorników ładunkowych dokładnie oczyszczanych do stopnia wymaganego przepisami przed napełnianiem ich balastem (popłuczyny po myciu tych zbiorników przewożone są w zbiornikach resztkowych).

Dopuszczalne jest też przewożenie balastu w nieoczyszczonych zbiornikach ładunkowych pod warunkiem zdawania w portach zanieczyszczonego balastu przed załadunkiem statku.



Rys. 17. Wykorzystanie dna podwójnego, podwójnych burt, podwójnych grodzi i przestrzeni we wnętrzu cokołów grodzi do przewożenia balastu na masowcu typu panamaks

4.7. Zbiorniki ścieków

Ścieki na statkach handlowych stanowią z reguły niewielką część nośności statku. Jednak w myśl przepisów konwencji MARPOL każdy statek musi być wyposażony w odpowiedniej wielkości zbiorniki ścieków, a jego załoga zobowiązana jest do przestrzegania zasad gromadzenia, utylizacji i usuwania ścieków. Ścieki statkowe można podzielić na: sanitarne (z WC, łazienek i kuchni), ścieki i wody zaolejone oraz ścieki zanieczyszczone chemicznie, na przykład detergentami.

Ścieki sanitarne po uprzedniej obróbce, czyli oczyszczeniu w statkowych oczyszczalniach biochemicznych i dezynfekcji, mogą być usuwane do morza, jednak nie bliżej lądu niż w odległości 12 mil morskich. Nieoczyszczone lub niezdezynfekowane ścieki oraz ścieki oczyszczone w trakcie podróży statku w pobliżu lądu gromadzi się w zbiornikach. Zbiorniki przewożące ścieki nieczyszczone powinny być wyposażone w pompy i rurociągi do zdawania ścieków w portach.

Ścieki zaolejone w zasadzie nie mogą być usuwane do morza. Według konwencji MARPOL dopuszczane jest usuwanie niewielkich ich ilości (do 30 litrów na milę morską drogi statku) nie bliżej niż 50 mil morskich od najbliższego brzegu. Każdy statek powinien mieć: zbiorniki o wystarczającej objętości do gromadzenia ścieków zaolejonych, odolejacz ścieków, urządzenie do kontroli zawartości oleju zapobiegające zrzutowi do morza ścieków zawierających więcej niż 15 cząsteczek substancji olejowych na milion cząsteczek wody (w skrócie – 15 ppm) oraz rurociąg ze znormalizowanym złączem do zdawania ścieków zaolejonych do zbiorników lądowych w portach.

Wobec ścieków zanieczyszczonych chemicznie obowiązują przepisy konwencji MARPOL o zanieczyszczaniu szkodliwymi substancjami przewożonymi luzem. Przy niewielkiej szkodliwości substancji chemicznych w ściekach (z reguły detergenty stosowane na statkach spełniają ten warunek) ścieki powinny być gromadzone w odrębnych zbiornikach i po rozcieńczeniu mogą być usuwane do morza w odległościach nie mniejszych niż 12 mil morskich od najbliższego lądu. Ścieków zanieczyszczonych substancjami o dużej szkodliwości dla środowiska morskiego (określanych w konwencji jako substancje kategorii A) nie wolno usuwać do morza – powinny one być gromadzone w zbiornikach i zdawane w portach.

Z powyżej przedstawionych informacji wynika, że zbiorniki statkowe powinny być wykorzystywane zgodnie z przepisami ochrony mórz ujętymi w konwencji MARPOL. W celu potwierdzenia tego statki muszą mieć następujące dokumenty:

- międzynarodowy certyfikat o zapobieganiu zanieczyszczeniom olejowym orzekający, że statek jest zbudowany, wyposażony i może być eksploatowany zgodnie z odpowiednimi przepisami;
- książkę zapisów olejowych, zawierającą zapisy wszystkich operacji związanych z gospodarką paliwami, olejami i cieczami zaolejowymi oraz z ładunkiem w odniesieniu do zbiornikowców olejowych;
- międzynarodowy certyfikat zapobiegania zanieczyszczaniu morza ściekami.

Chemikaliowce muszą mieć dodatkowo międzynarodowy certyfikat o zapobieganiu zanieczyszczeniom przez statki przewożące luzem szkodliwe substancje ciekłe.

5. Wyposażenie zbiorników

5.1. Rurociągi zasilające i wyposażenie pomocnicze

Do wszystkich zbiorników statku doprowadzone są rurociągi zasilające, umożliwiające napełnianie i opróżnianie tych przestrzeni. Parametry tych rurociągów, połączenia między zbiornikami oraz sterowanie przepływami czynników w systemach statkowych są omówione przy prezentacji poszczególnych instalacji kadłubowych.

Zgodnie z wymaganiami DNV i PRS każdy zbiornik powinien mieć: rurę sondażową (pomiarową) służącą do ręcznego pomiaru poziomu cieczy, rurę lub rury odpowietrzające oraz właz inspekcyjny pozwalający na sprawdzenie stanu wnętrza zbiornika (uprzednio opróżnionego) [1, 15]. Często zbiorniki wyposażone są w urządzenia do zdalnego pomiaru poziomu cieczy. Zbiorniki cieczy palnych mają również rury przelewowe, prowadzące do zbiornika przelewowego.

Dodatkowe wyposażenie zawierają zbiorniki ładunkowe na zbiornikowcach i gazowcach.

5.2. Rury sondażowe (pomiarowe)

Niezależnie od tego, czy statek ma instalację do zdalnego pomiaru poziomu cieczy w zbiornikach czy nie ma takowej, każdy zbiornik musi być wyposażony w rurę sondażową. Wyjątkiem są zbiorniki umieszczone ponad dnem wewnętrznym. Jeżeli jest zawsze do nich dostęp (np. zbiorniki w maszynowni), mogą one być wyposażone wyłącznie w rurkowe poziomowskazy. W rury sondażowe powinny być wyposażone również: zęzy w ładowniach i w maszynowni, studzienki zęzowe, przedziały ochronne, a także przestrzenie poniżej linii wodnej, do których dostęp jest utrudniony, jak na przykład pomieszczenia montażu logu dennego lub echosondy, przestrzeń wzdłużnika tunelowego, przedział napędu steru strumieniowego itp. Również komory łańcuchowe powinny mieć opisywane rury.

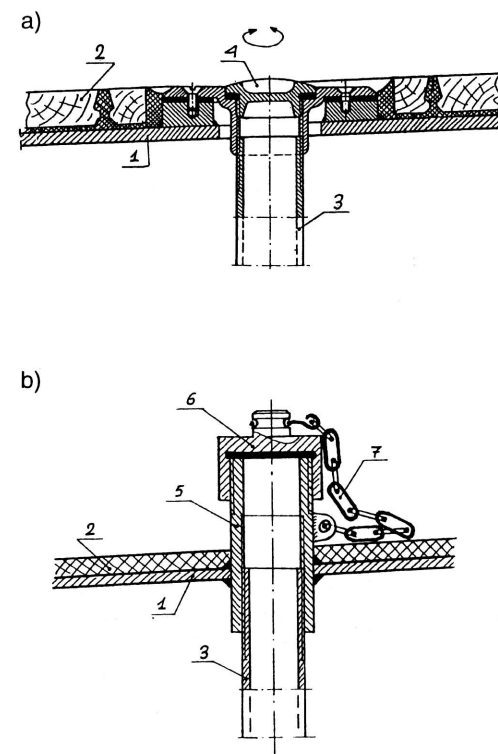
Rury sondażowe są zazwyczaj wyprowadzone na pokłady otwarte. Rury kończące się na poziomie poszycia (ewentualnie pokrycia) pokładu zamykane są korkami gwintowanymi z uszczelkami – ten sposób zakończenia pokazany jest na rysunku 18a.

W wypadkach wyprowadzenia tych rur w pobliżu ścian nadbudówek, pokładówek czy masztówek lub przy burtach, mogą one być zakończone króćcem wystającym ponad pokład, mającym zewnętrzny gwint i zamykanym zewnętrzną zaślepką (rys. 18b). Te króćce powinny być zabezpieczone przed mechanicznymi uszkodzeniami.

W wypadku dennych zbiorników wody rury sondażowe często kończą się we wnętrzu statku w pomieszczeniach o stałym dostępie. Gdy rury odpowietrzające tych zbiorników wyprowadzone są na otwarte pokłady, to na niżej umieszczonych wylotach rur sondażowych montowane są zawory samozamykające. Szkic i schemat działania takiego zaworu przedstawione są na rysunku 19.

Rury sondażowe zbiorników paliwa zasadniczo powinny być wyprowadzone na otwarte pokłady. Przepisy DNV i PRS, dopuszczają, aby w technicznie uzasadnionych wypadkach kończyły się one w przedziale maszynowym lub w tunelu wału napędowego – muszą być wówczas zakończone zaworem samozamykającym oraz zaopatrzone w kurek kontrolny o małej średnicy, a ich wysokość nad poziom podłogi nie powinna być mniejsza niż 0,5 m.

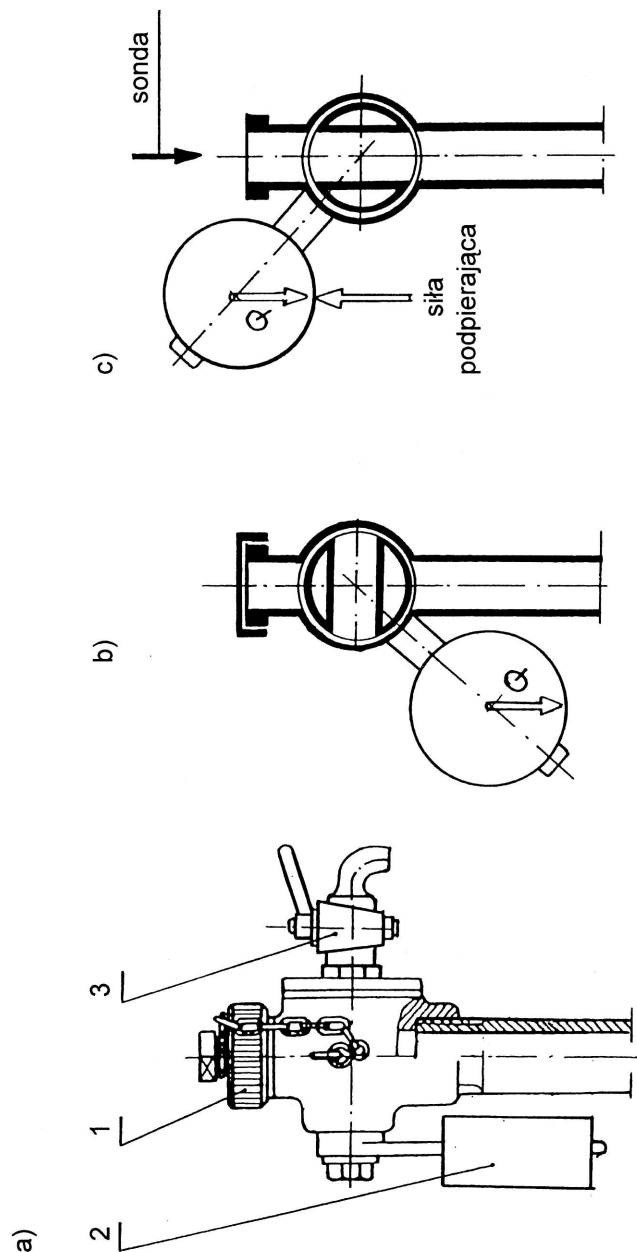
Rury sondażowe do sondowania zęzu w ładowniach powinny być zainstalowane na każdej burcie.



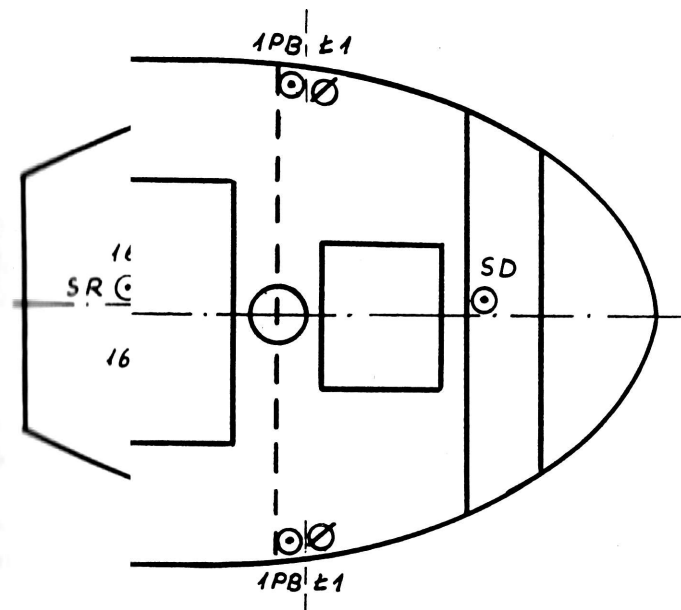
Rys. 18. Zamknięcia rur sondażowych kończących się na pokładach otwartych:
a) na poziomie poszycia pokładu, b) w sąsiedztwie pionowych ścian;
1 – pokład, 2 – pokrycie pokładu, 3 – rura sondażowa, 4 – korek,
5 – króciec, 6 – zaślepka, 7 – łańcuszek

Dolne odcinki rur sondażowych doprowadza się blisko dna zbiorników lub innych przedziałów tak, aby składana lub zwijana sonda nie miała możliwości położenia się na dnie. Pod wylotem rury, na dnie, przyspawane są płytki przeciwwuderzeniowe, zwane stopkami, chroniące poszycie dna przed uszkodzeniem od uderzenia sondą. Stosuje się też rury zamknięte od dołu, z bocznymi otworami umożliwiającymi swobodny dopływ cieczy do ich wnętrza. Warianty dolnych zakończeń opisywanych rur prezentuje rysunek 21.

Średnice wewnętrzne rur sondażowych nie mogą być według przepisów mniejsze niż 32 mm oraz nie mniejsze niż 50 mm, gdy rury te przechodzą przez pomieszczenia chłodzone [1, 15].

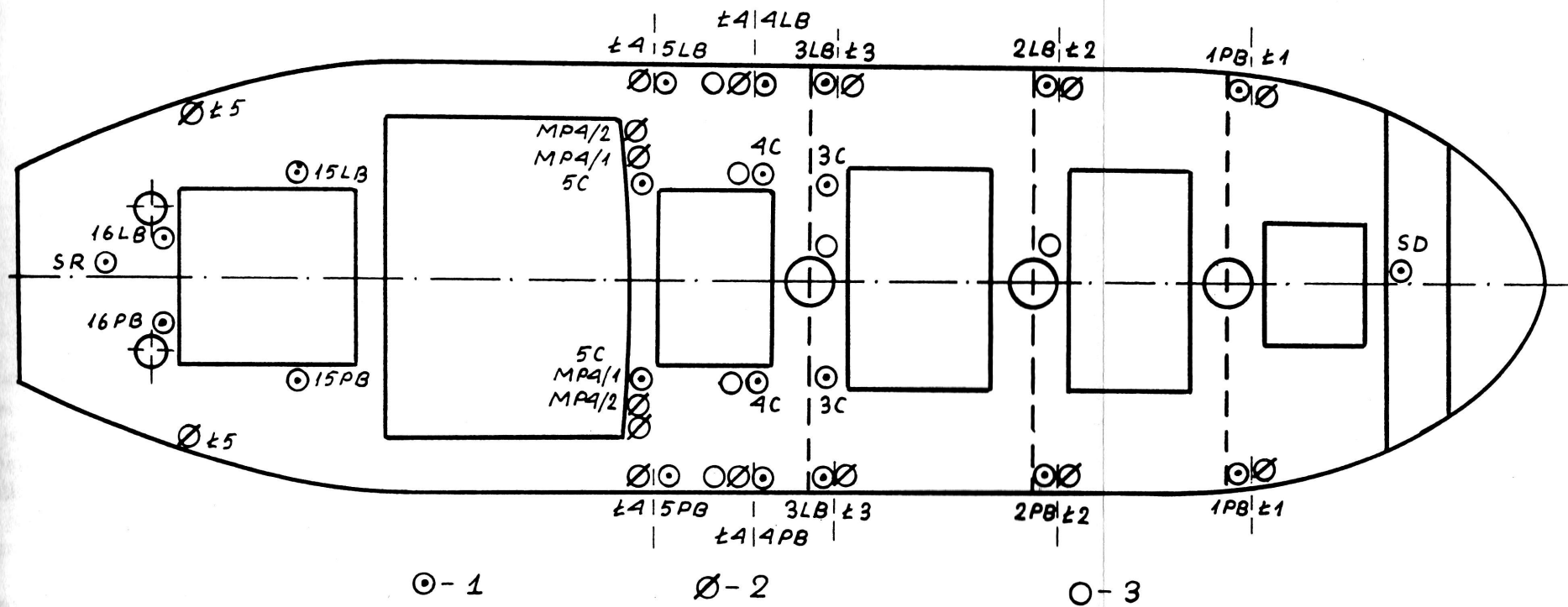


Rys. 19. Zawór samozamykający na rurze sondażowej kończącej się we wnętrzu statku: a) szkic, b) zawór zamknięty, c) zawór otwarty do sondowania; 1 – zasłepka, 2 – ciężarek zamykający, 3 – kurek kontrolny napełnienia rury

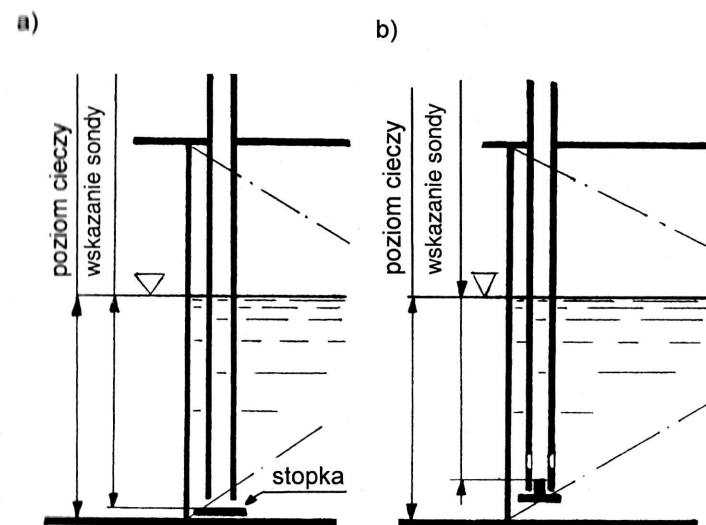


- 3

R) – zbiorniki, 2 – zęzy ładowni, 3 – koferdamy



Rys. 20. Towarowiec uniwersalny 14 500 t nośności. Plan rozmieszczenia wylotów rur sondażowych na pokładzie otwartym; 1 – zbiorniki, 2 – zęzy ładowni, 3 – koferdamy



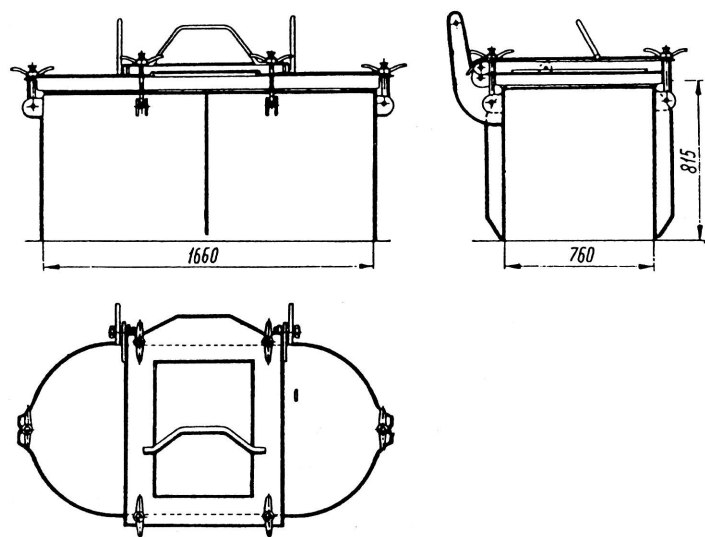
Rys. 21. Zakończenia rur sondażowych na dnie zbiorników:
a) otwarty wylot, b) zaślepiony wylot

Rury sondażowe prowadzi się tak, aby stosowane w praktyce sondy nie zakleszczały się na ich zakrzywieniach. Przy ich górnych zakończeniach umieszczone są tabliczki identyfikacyjne informujące, że jest to wylot rury sondażowej i opisujące: rodzaj i numer przedziału (zbiornika, zęzy, koferdamu lub innego pomieszczenia) oraz, w wypadku zbiornika, rodzaj zawartej w nim cieczy. W dokumentacji statku jest ponadto zawarty plan przebiegu rur sondażowych i rozmieszczenia ich zakończeń. Przykład takiego planu pokazuje rysunek 20.

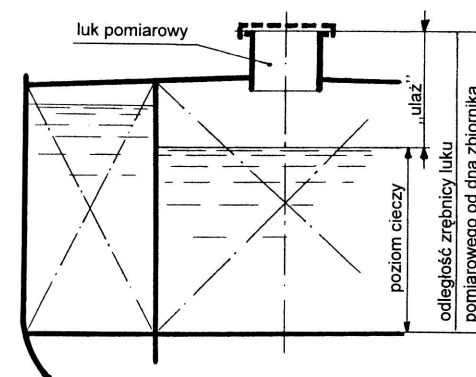
Pomiary poziomów cieczy w zbiornikach balastu i wody słodkiej przeprowadza załoga pokładowa. Do niej należy też kontrola zęz w ładowniach i sprawdzanie poziomu cieczy w zamkniętych przestrzeniach (prócz przedziałów ochronnych). Natomiast poziomy cieczy w zbiornikach paliwa, oleju smarowego i ścieków oraz poziomy cieczy w zęzach maszynowni i w przedziałach ochronnych mierzy załoga maszynowni za pomocą odrębnej sondy. Wyniki sondowań, czyli wskazania poziomów cieczy na sondach, należy za pomocą tablic skalowań zbiorników, z uwzględnieniem wpływu przegłębienia statku na wskazania sond, przeliczyć na objętości lub masy cieczy w zbiornikach.

5.3. Łuki pomiarowe na zbiornikowcach

Na zbiornikowcach do pomiaru poziomu zapęnlienia zbiorników ładunkowych służą niewielkie łuki umieszczone na pokładzie, zwane łukami pomiarowymi (rys. 22). Po ich otwarciu dokonuje się pomiaru wysokości nie zapęnlonej części zbiornika (rys. 23), pobiera się próbkę ładunku do pomiaru gęstości lub mierzy jego temperaturę. Za pomocą tablic skalowania zbiornika na podstawie jego niedopełnienia i przegłębienia statku określa się objętość ładunku, a na podstawie gęstości lub temperatury wyznacza się jego masę w zbiorniku. Łuki pełnią również rolę otworów inspekcyjnych, umożliwiających wejście i kontrolę stanu pustych i odpowiednio przygotowanych zbiorników. Otwory te, o niewielkich wymiarach, okrągłym, owalnym lub prostokątnym kształcie, mają zrębnice o wysokościach zgodnych z przepisami wolnej burty – minimum 750 mm ponad pokład. Są zamknięte stalowymi, wytrzymałymi pokrywami, zamocowanymi na zawiasach. Pokrywy mają uszczelki wykonane z tworzywa odpornego na działanie przewożonych ładunków i są dociskane do kołnierzy zrębnic za pomocą śrubowych pokręteł [21].

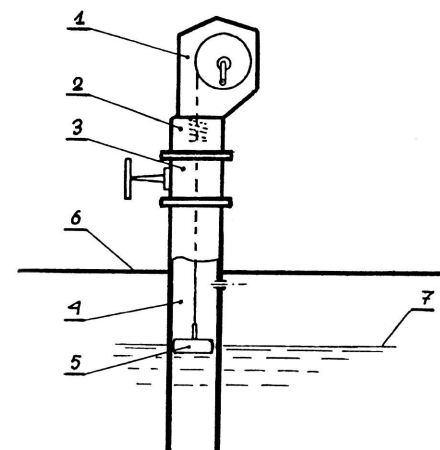


Rys. 22. Łuk pomiarowy zbiornika ładunkowego na zbiornikowcu [21]



Rys. 23. Wyznaczanie poziomu cieczy w zbiorniku ładunkowym na podstawie pomiaru wysokości nie zapęnlonej części zbiornika

Natomiast na gazowcach do pomiaru poziomu ciekłej frakcji gazu stosuje się szczelne zawory do wprowadzania sondy mierzącej głębokość położenia granicy między fazą ciekłą a gazową ładunku od powierzchni kontrolnej zaworu. Poglądowy szkic sondy do tego pomiaru oraz zaworu do wprowadzania sondy prezentowany jest na rysunku 24 [7].



Rys. 24. Zawór do wprowadzania sondy pomiaru poziomu ciekłej frakcji ładunku w zbiorniku gazowca [7]; 1 – wskaźnik głębokości, 2 – komora pływaka, 3 – zawór odcinający, 4 – rura sondażowa, 5 – pływak, 6 – górne poszycie zbiornika, 7 – granica fazowa ciecz - gaz

5.4. Zdalny pomiar poziomu cieczy w zbiornikach

Zdalny pomiar poziomu cieczy w zbiornikach statku może być przeprowadzony przy użyciu różnych technik pomiarowych, z różną dokładnością oraz za pomocą różnych sposobów przekazywania odczytu i obróbki sygnałów.

Najstarsze metody oparte na miernikach pływakowych sprzęgniętych z potencjometrami (rys. 25a), dające ciągły sygnał elektryczny (oporność obwodu) proporcjonalny do ruchu pływaka, przestały być stosowane na statkach jako zawodne i mało dokładne.

Również pneumatyczna metoda pomiaru przeciwcisnienia (równego ciśnieniu hydrostatycznemu słupa cieczy), nie znajduje zastosowania na nowo budowanych statkach. W tej metodzie w każdym mierzonym zbiorniku zainstalowano pionową rurę pomiarową dochodzącą prawie do dna zbiornika, drugi jej koniec podłączony był do instalacji pneumatycznej sprzęgniętej z manometrem. Powietrze pod ciśnieniem wypychało ciecz z rury pomiarowej i z niewielkim (sterowanym specjalnym zaworem) wydatkiem wypływało jej dołem (rys. 25b). Ciśnienie panujące w instalacji równe ciśnieniu hydrostatycznemu słupa cieczy w zbiorniku mierzone było na manometrze.

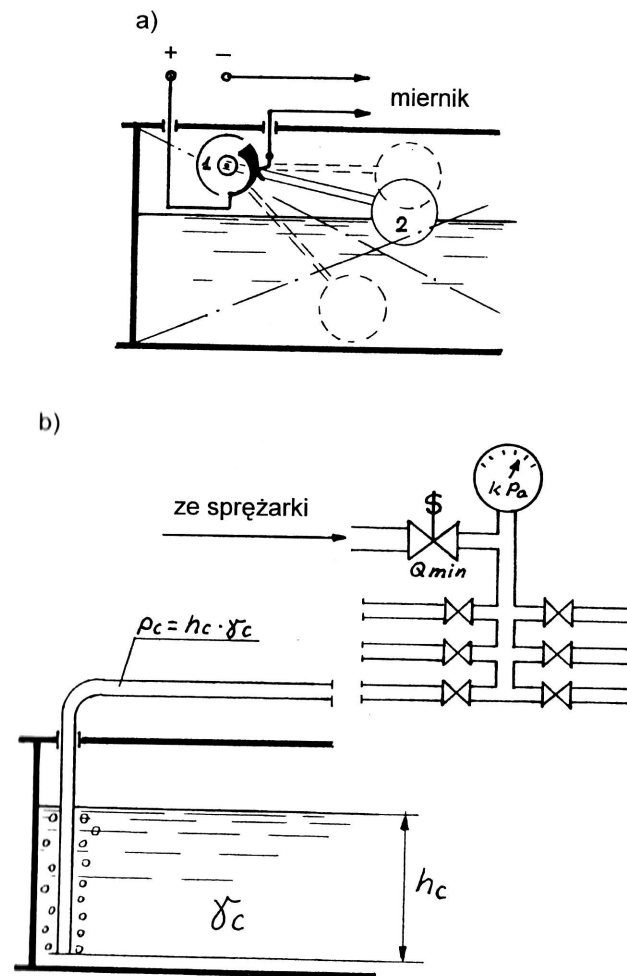
Współcześnie, najczęściej na nowo budowanych statkach stosuje się do zdalnego pomiaru poziomu cieczy następujące systemy:

- z tensometrycznymi miernikami ciśnienia hydrostatycznego słupa cieczy i elektrycznym przekazywaniem sygnałów – rysunek 26a;
- z wysokooporowymi sondami stykowymi – rysunek 26b;
- z ultradźwiękowym pomiarem odległości do lustra cieczy – rysunek 27a;
- z radarowymi miernikami głębokości cieczy – rysunek 27b.

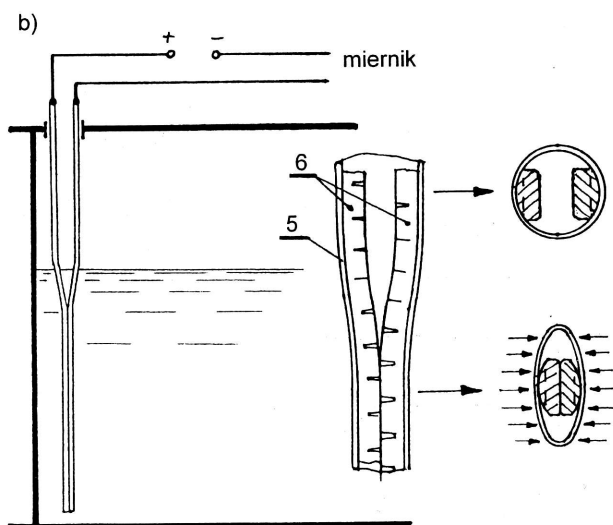
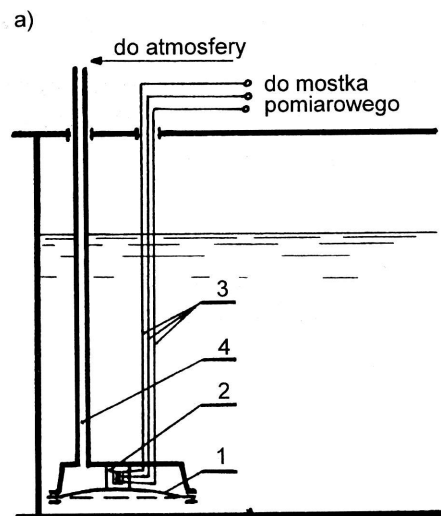
Pierwsze dwa z wymienionych sposobów stosowane są do pomiarów poziomów cieczy w zbiornikach zapasów, natomiast ultradźwiękowy i radarowy pomiar poziomu cieczy wykorzystuje się głównie na zbiornikowcach i gazowcach do sprawdzania stopnia zapełnienia zbiorników ładunkowych. Do kontroli zaś stanu zapełnienia żez i koferdamów stosuje się stykowe czujniki przekroczenia granicznych stanów, a sygnały z nich wykorzystuje się do automatycznego uruchamiania odpowiednich pomp osuszających. Osuszane pomieszczenia muszą być dodatkowo wyposażone w czujniki osuszenia lub

czujniki minimalnego poziomu cieczy – sygnał płynący z takiego czujnika przerywa pracę pompy.

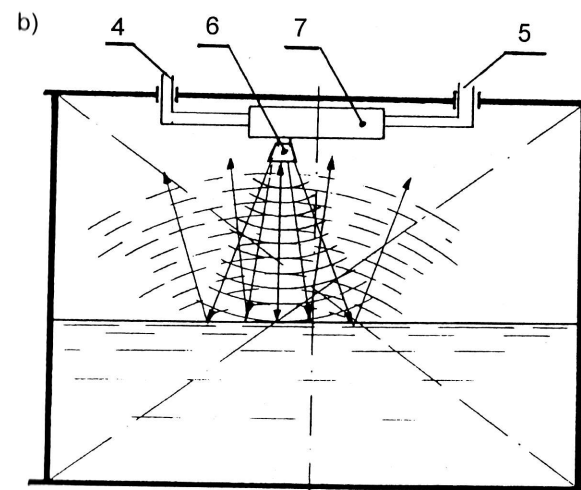
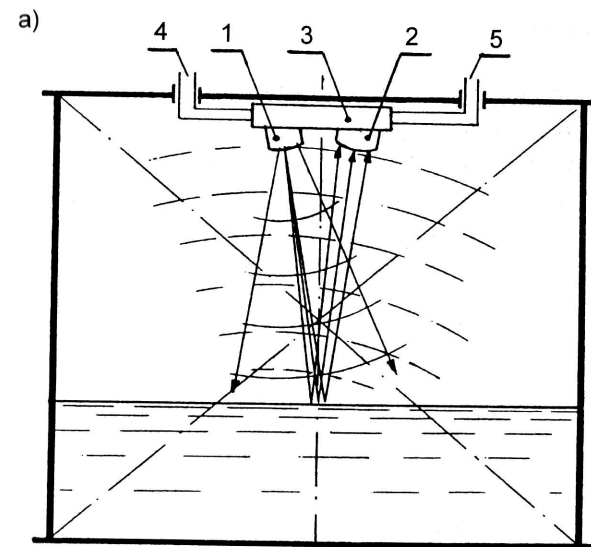
Według przepisu PRS należy instalować rury sondażowe do ręcznego sondowania we wszystkich przestrzeniach wyposażonych w urządzenia do zdalnego pomiaru poziomu cieczy [15].



Rys. 25. Zdalny pomiar poziomu cieczy w zbiorniku: a) pływak sprzężony z potencjometrem, b) pomiar przeciwcisnienia; 1 – potencjometr, 2 – pływak



Rys. 26. Zdalny pomiar poziomu cieczy w zbiorniku: a) tensometryczny miernik ciśnienia, b) oporowa sonda stykowa; 1 – membrana, 2 – element sprężysty z tensometrami, 3 – przewody zasilające i pomiarowe, 4 – rura wyrównywania ciśnienia atmosferycznego, 5 – elastyczny przewód, 6 – wysokooporowa taśma elastyczna

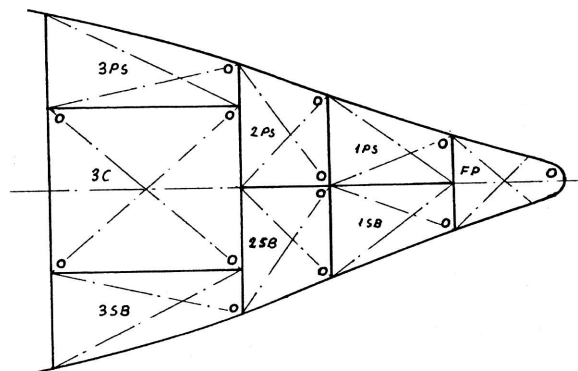


Rys. 27. Zdalny pomiar poziomu cieczy w zbiorniku: a) ultradźwiękowy, b) radarowy; 1 – nadajnik, 2 – odbiornik, 3 – generator i układ pomiaru czasu powrotu sygnału, 4 – zasilanie, 5 – wskaźnik poziomu cieczy, 6 – antena nadawczo-odbiorcza, 7 – generator fal radarowych i układ pomiaru czasu powrotu fali odbitej

5.5. Rury odpowietrzające

Rury odpowietrzające instalowane są w każdym zbiorniku cieczy, przedziałach ochronnych między zbiornikami oraz w skrzyniach poboru wody morskiej. Odpowietrzenia zbiorników dennych i burtowych oraz tak samo położonych przedziałów ochronnych należy wyprowadzać ponad pokład grodziowy statku. Wloty do rur odpowietrzających powinny być rozmieszczone w najwyższych częściach zbiorników, by nie tworzyły się korki powietrzne w trakcie ich napełniania. W wypadku zbiorników w dnie podwójnym o płaskim poszyciu dna wewnętrznego, przy zazwyczaj występujących na statkach przegłębieniach na rufę, wloty te umieszcza się z przodu zbiorników. Szerokie zbiorniki mają odpowietrzenia po obu burtach, natomiast bardzo długie i szerokie zbiorniki denne wyposaża się w cztery odpowietrzenia.

Rozmieszczenie odpowietrzeń zbiorników w dnie podwójnym pokazuje rysunek 28. Odpowietrzenia niewielkich zbiorników cieczy niepalnych, nie przylegających do dna i burt, mogą kończyć się we wnętrzu statku, natomiast odpowietrzenia zbiorników cieczy palnych oraz zbiorników wodnych napełnianych na tak zwany „przelew” muszą być wyprowadzone na otwarte pokłady. Napełnianie na „przelew” oznacza, że zbiornik napełnia się do chwili, gdy woda wylewa się z wylotów odpowietrzeń – takim sposobem napełnia się zwykle zbiorniki balastów i wody słodkiej.



Rys. 28. Rozmieszczenie w zbiornikach dna podwójnego wlotów do rurociągów odpowietrzających

Wysokości położenia wylotów rur odpowietrzających ponad pokład określają przepisy wolnej burty, wynoszą one:

- 0,76 m – dla pokładu wolnej burty;
- 0,45 m – dla pokładów leżących powyżej pokładu wolnej burty.

Rury odpowietrzające na pokładach otwartych zakończone są kolanami o wylotach skierowanych w dół (rys. 29a). W rejonach pokładów narażonych na zalewanie przepisy wolnej burty wymagają zaopatrzenia wylotów tych rur w urządzenia zabezpieczające przed dostaniem się wody morskiej do zbiorników. Tę rolę najczęściej pełni zamknięcie w postaci ażurowej obudowy zamontowanej pod wylotem rury. Wewnątrz obudowy znajduje się gumowa kula, którą woda zalewająca pokład dociska do wylotu rury (rys. 29b). Na rysunku 31 pokazano inne zamknięcie tego samego typu.

Zakończenia rur odpowietrzających zbiorniki paliw i innych cieczy palnych wyprowadzane są na pokłady otwarte w miejsca, gdzie palne pary wydobywające się z wylotów nie stwarzają zagrożenia pożarowego. Dodatkowo, na wylotach tych odpowietrzeń są zamontowane miedziane siatki przeciwożniowe, zapobiegające przedostaniu się płomienia do wnętrza zbiornika w razie zapalenia się na pokładzie par wydostających się ze zbiornika.

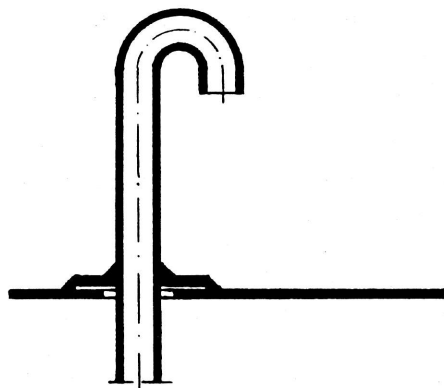
Minimalne średnice wewnętrzne rur odpowietrzających wynoszą 50 mm, ale w odniesieniu do odpowietrzeń zbiorników przepisy budowy statków wymagają, by łączny przekrój rur odpowietrzających dany zbiornik nie był mniejszy niż 125% łącznego przekroju wszystkich rurociągów napełniających ten zbiornik [1, 15].

Rury odpowietrzające zbiorniki jednakowych cieczy mogą być podłączone do zbiorczego rurociągu odpowietrzającego o przekroju dobranym zgodnie z przepisami budowy statków.

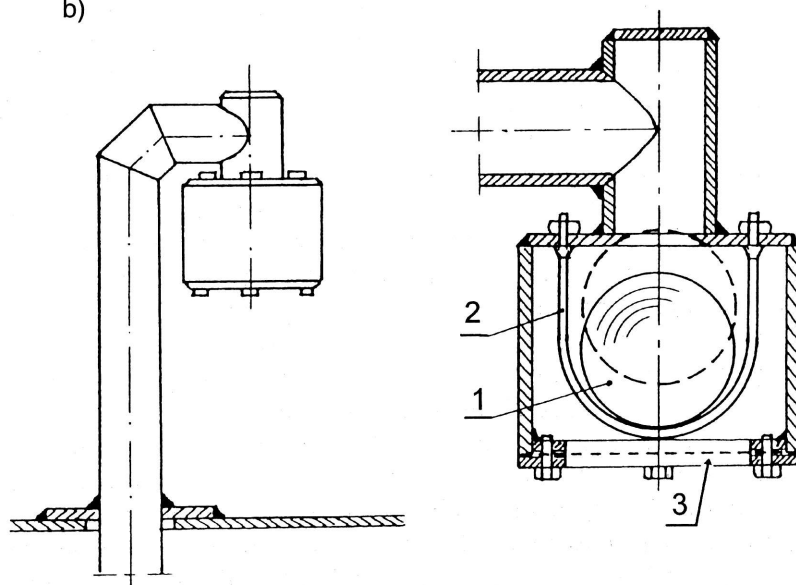
Wszystkie zakończenia rur odpowietrzających powinny być oznaczone za pomocą umieszczonych w pobliżu tabliczek, zawierających informacje o typie instalacji, położeniu, numerze i przeznaczeniu odpowietrzanej przestrzeni. Na statku powinien znajdować się plan przebiegu rur tego typu, z zaznaczonymi położeniami ich wylotów i zastosowanymi zakończeniami.

Schemat rozmieszczenia wylotów odpowietrzeń zbiorników i innych przestrzeni masowca o nośności 27 000 t przedstawia rysunek 30.

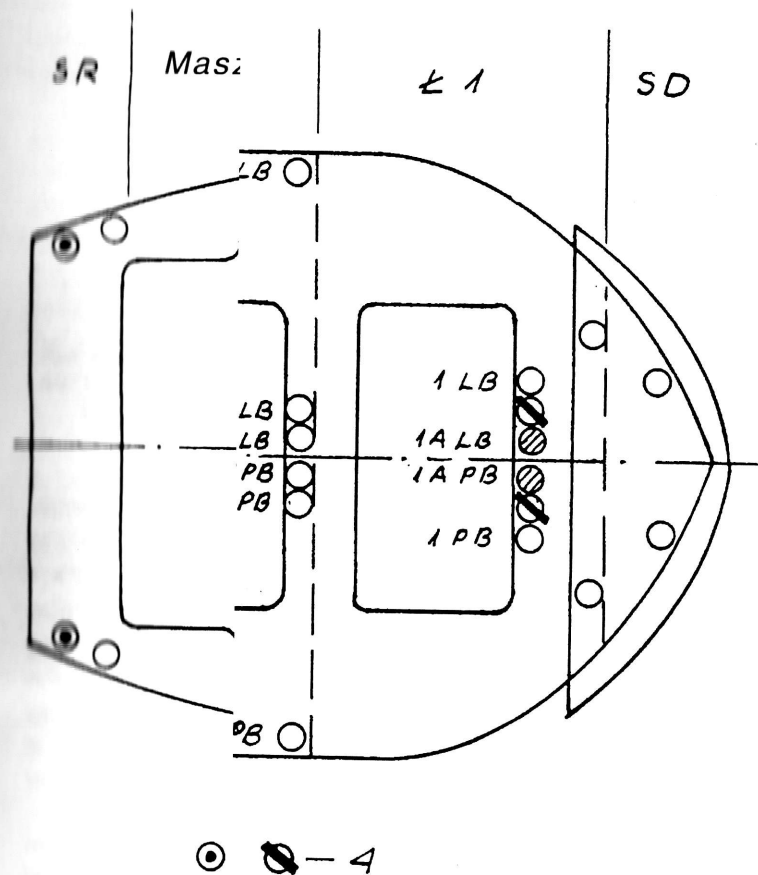
a)



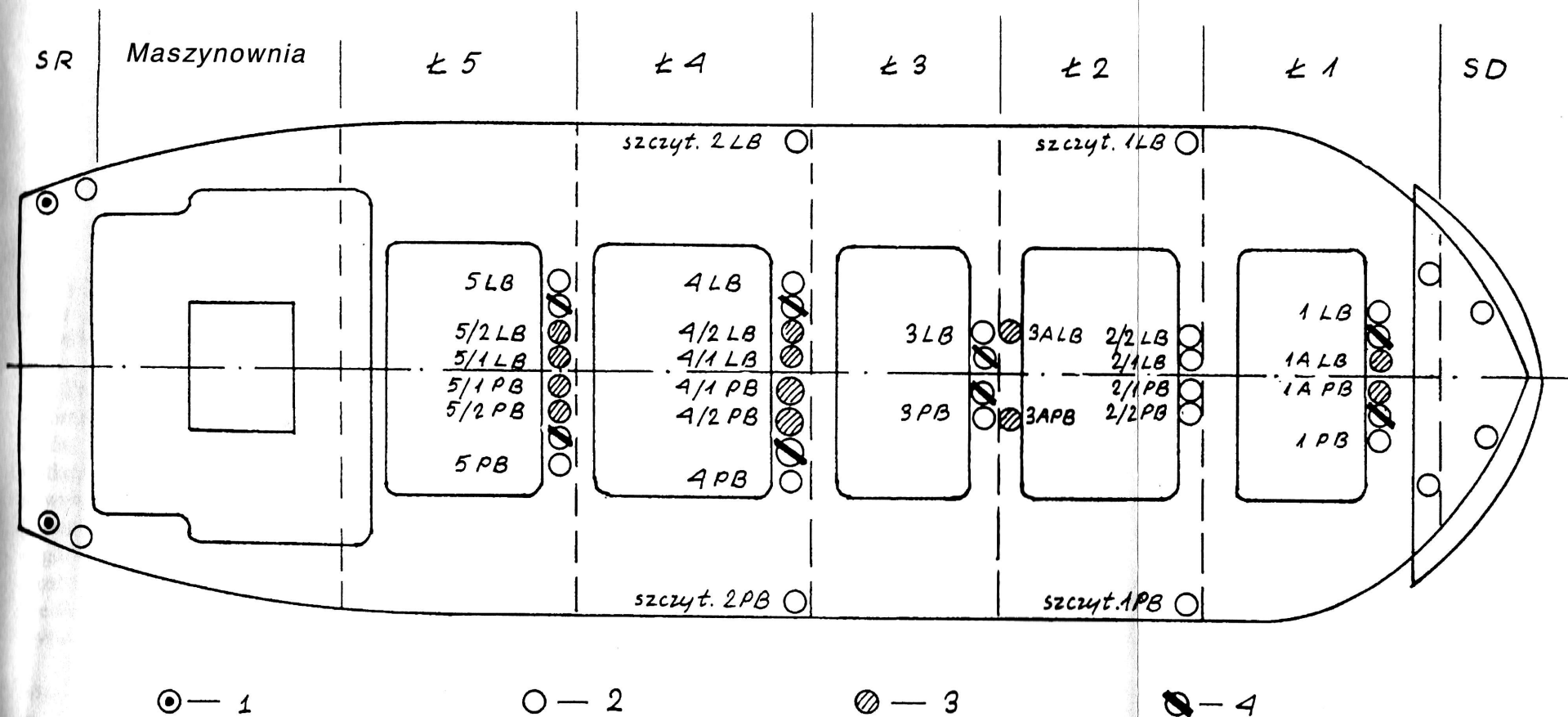
b)



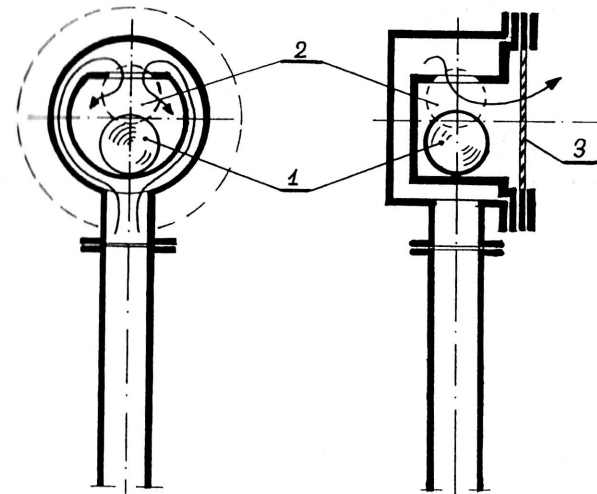
Rys. 29. Wyloty rur odpowietrzających zbiorniki: a) zakończony kolanem – małe zbiorniki, b) zabezpieczony przed zalaniem wnętrza zbiornika wodą morską; 1 – gumowa kula, 2 – ażurowa obudowa, 3 – miedziana siatka przeciwogniowa



Rys. 30. Masowiec 2niki balastowe, 3 – zbiorniki paliwa, 4 – koferdamy



Rys. 30. Masowiec 27 000 t nośności. Plan odpowietrzeni zbiorników i koferdamów na pokładzie górnym; 1 – zbiorniki wody słodkiej, 2 – zbiorniki balastowe, 3 – zbiorniki paliwa, 4 – koferdamy



Rys. 31. Inne rozwiązanie konstrukcyjne wylotu rurociągu odpowietrzającego zbiorniki: 1 – spoczynkowe położenie gumowej kuli, 2 – położenie gumowej kuli przy zalaniu wodą morską wylocie rurociągu, 3 – miedziana siatka przeciwogniowa

Zbiornikowce i gazowce wyposaża się w instalacje odgazowania zbiorników ładunkowych, ich zadaniem jest odprowadzenie ze zbiorników i rozproszenie dużych ilości par ładunku. Na wymienionych statkach używa się takiej instalacji przed załadunkiem do usuwania powietrza ze zbiorników ładunkowych w trakcie ich napełniania gazem obojętnym oraz w trakcie załadunku do usuwania gazu obojętnego wypieranego przez dopływający ładunek cieczy lub płynnego gazu. Przy zdawaniu ładunku instalacja jest zamykana, a w jego miejsce tłoczy się do zbiorników gaz obojętny wytwarzany w statkowych wytwornicach lub pobierany z lądu.

Na gazowcach, po napełnieniu ładunkiem zbiorników, instalacja odgazowania pracuje w systemie zamkniętym – odparowanego gazu nie usuwa się do atmosfery, lecz skrapla się go lub spala w instalacjach energetycznych. Parametry rurociągów odgazowania, rozmieszczenie ich wylotów, zabezpieczenia przeciwogniowe na wylotach określają przepisy budowy statków towarzystw klasyfikacyjnych oraz kodu IGC [6].

5.6. Włazy i luki inspekcyjne

Kontrolę stanu technicznego pustych i odpowiednio przygotowanych zbiorników (zapasów, balastu i ścieków) lub przedziałów ochronnych umożliwiają włazy.

Na statkach do ładunków suchych włazy do zbiorników dna podwójnego umieszczone są najczęściej w dnie ładowni statkowych. Wgląd do tych zbiorników możliwy jest wyłącznie przy pustych ładowniach.

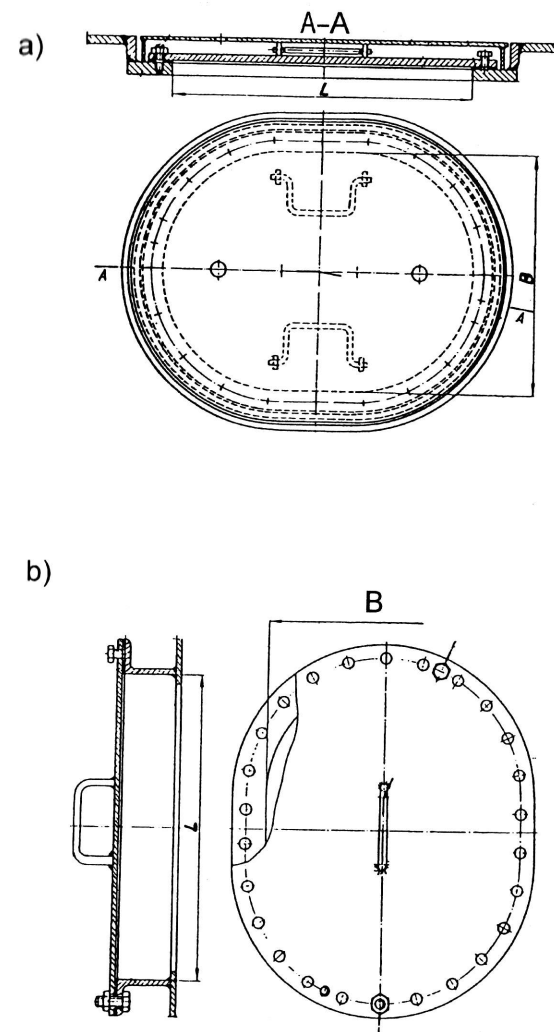
Przykład włazu umieszczonego w dnie ładowni pokazany jest na rysunku 32a [21]. Są one przykrywane stalowymi pokrywami zaopatrzonymi w uszczelki, pokrywy mocowane są do kołnierzy włazów za pomocą śrub z łbami sześciokątnymi. Włazy do zbiorników w maszynowniach oraz włazy umieszczone na grodziach, pokładach, bocznych ścianach zbiorników mają na ogół wystające kołnierze. Taki typ włazu przedstawiono na rysunku 32b [21]. Minimalne wymiary włazów wynoszą: okrągłego – średnica 500 mm, owalnego – 450 mm na 350 mm.

Podobne włazy prowadzą również do innych przestrzeni w dnie podwójnym jak: przedziały ochronne, pomieszczenia montażu echosond, logu i innych przyrządów zaburtowych.

Gdy na statku w dnie podwójnym znajduje się wzdłużnik tunelowy, włazy do zbiorników dennych i innych przestrzeni w dnie umieszcza się w ściankach wzdłużników bliźniaczych. Takie ich usytuowanie umożliwia dostęp do zbiorników nawet przy wypełnionych ładowniach statku.

Na zbiornikowcach rolę otworów inspekcyjnych, umożliwiających wejście i kontrolę stanu pustych i odpowiednio przygotowanych zbiorników, pełnią luki pomiarowe. Najczęściej pod lukiem zamontowana jest drabina lub schodnia umożliwiająca zejście na dno zbiornika. Na gazowcach włazy wejściowe do zbiorników ładunkowych izolowanych termicznie najczęściej znajdują się w kołpakach (kopułach). Natomiast na gazowcach ze zbiornikami ciśnieniowymi cylindrycznymi i cylindrycznymi łączonymi włazy inspekcyjne często umieszcza się na bocznych półkulistych ścianach.

Wejście ludzi (członków załogi lub ekip remontowych) do zbiorników ładunkowych zbiornikowców i gazowców oraz wejście do zbiorników paliw i ścieków powinno odbywać się z zachowaniem



Rys. 32. Włazy inspekcyjne do zbiorników: a) właz umieszczony w dnie ładowni, b) właz na bocznej ścianie zbiornika [21]

szczególnej ostrożności po: uprzednim przewietrzeniu zbiornika, sprawdzeniu stanu jego atmosfery i z asekuracją. Czynności i procedury, jakie trzeba wykonać przed wejściem ludzi do zbiorników, są ujęte przepisami.

Grubości: pokryw, zrębnic i kołnierzy zrębnic włazów i luków inspekcyjnych, liczbę i wytrzymałość ich zamknięć regulują przepisy budowy statków.

6. Instalacje zęzowe

6.1. Przeznaczenie instalacji zęzowej

Instalacja zęzowa, zwana również instalacją osuszania, służy do usuwania z wnętrza statku cieczy gromadzących się w czasie eksploatacji jednostki: skroplin wilgoci atmosferycznej, drobnych wycieków i przecieków z instalacji statkowych, popłuczyn po myciu ładowni lub innych przestrzeni. Do usuwania dużych ilości cieczy w stanach awaryjnych, jak na przykład: wody morskiej napływającej przez uszkodzenia burt, dużych przecieków z instalacji czy wody użytej do gaszenia pożaru, służą instalacje awaryjnego osuszania. Na niektórych jednostkach (jak statki pasażerskie) są one wymagane przepisami konwencji SOLAS [10]. Na statkach nie mających takiej instalacji do wypompowania dużych ilości cieczy stosuje się prowizorycznie montowane instalacje, wykorzystujące pompy o dużych wydajnościach: pożarnicze, balastowe, ładunkowe na zbiornikowcach.

Instalacja zęzowa doprowadzona jest do:

- zęz ładowni (na statkach do ładunków suchych);
- przedziałów ochronnych;
- zamkniętych, pustych przedziałów położonych poniżej wodnicy pływania;
- zęz maszynowni, chłodni, przedziału pomp, tuneli wałów śrubowych;
- przestrzeni wzdłużnika tunelowego lub bocznych wzdłużników tego typu.

Przedziały, w których mogą występować ciecze zaolejone (maszynownia, tunele wałów, przedziały ochronne przy zbiornikach paliw i oleju smarowego) muszą mieć oddzielną instalację zęzową lub wyodrębnioną z instalacji ogólnostatkowej [11].

Instalacja zęzowa przystosowana jest wyłącznie do usuwania cieczy – w niewrażliwych jej węzłach zamontowane są zawory zwrotne, przepuszczające ciecze wyłącznie w jednym kierunku. Jest to zgodne z wymaganiami zawartymi w przepisach budowy statków, dotyczącymi zabezpieczenia statku przed przypadkowym zalaniem jego wnętrza, przy niewłaściwej obsłudze instalacji [1, 15].

6.2. Rurociągi i pompy instalacji zęzowej

Średnice wewnętrzne rurociągów dochodzących do osuszanych przedziałów dobierane są według formuł obliczeniowych podanych w przepisach towarzystw klasyfikacyjnych, na podstawie długości osuszanych przestrzeni oraz szerokości i wysokości bocznej kadłuba statku. Średnice wewnętrzne rurociągów zbiorczych instalacji wyznacza się z kolei na podstawie wymiarów głównych kadłuba. W obu wypadkach średnice wewnętrzne nie powinny być jednak mniejsze niż 50 mm [1, 15].

Rurociągi zęzowe prowadzone są z reguły poza dnem podwójnym – najczęściej ponad poszyciem dna wewnętrznego przy burtach. W wypadkach ich prowadzenia przez zbiorniki dna podwójnego umieszcza się je wewnątrz tuneli, powiązanych konstrukcyjnie ze zbiornikami. Stosuje się również prowadzenie rurociągów zęzowych w przestrzeni wzdłużnika tunelowego.

Miejsca prowadzenia rurociągów zęzowych pokazane są na rysunku 6. Rurociągi z osuszanych pomieszczeń (prócz maszynowni, tuneli wałów napędowych i pomieszczeń, w których mogą być ciecze zaolejone) doprowadzane są do przedziału maszynowego, za jego gródzlami łączą się poprzez zawory zwrotne z rurociągami zbiorczymi prowadzącymi do pomp instalacji. Z wylotów pomp wychodzą rurociągi do umieszczonych na burtach zaworów wylotowych. Wydzielone obieg instalacji zęzowych do osuszania pomieszczeń z cieczy zaolejonych wyposażone są w urządzenia separacyjne służące do oddzielania wody, która przed usunięciem za burtę przepływa przez urządzenie kontrolujące jej czystość.

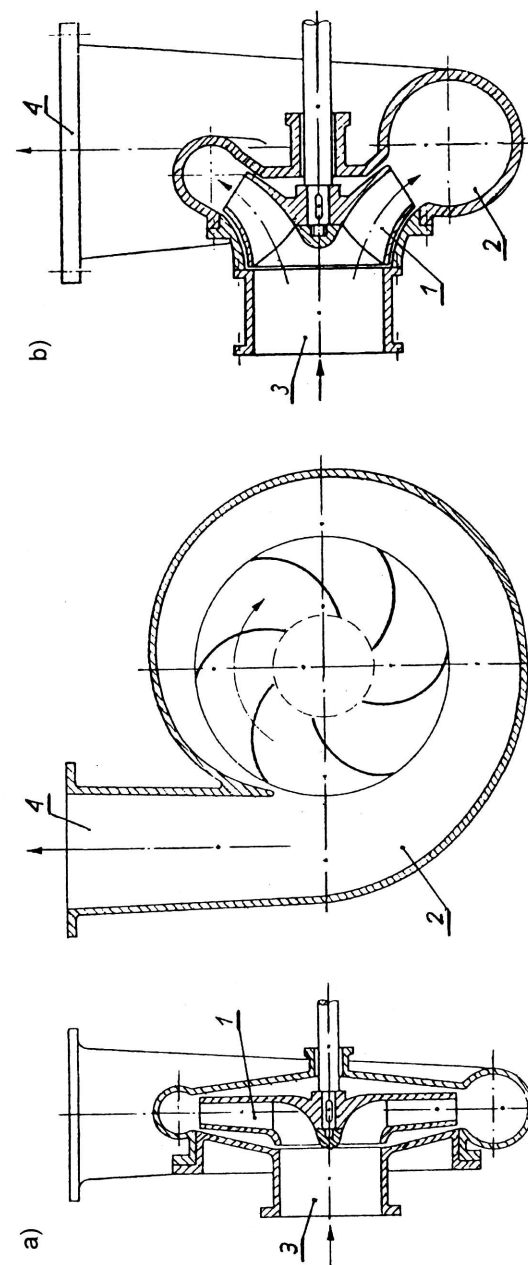
Do obsługi instalacji służą dwie pompy: główna i zapasowa. Najczęściej pompą zapasową jest pompa balastowa lub pompa ogólnego zastosowania. Pompy te muszą być samozasysające i mieć taką wydajność, by w rurociągach zbiorczych prędkości przepływu nie były niższe niż 2 m/s [1, 15]. Przy prędkościach takich i wyższych zawiesiny zawarte w pompowanych cieczach nie osadzają się na dnie rurociągów.

Szczególnie duże wydajności mają pompy żęzowe na kontenerowcach otwartych, pozbawionych pokryw lukowych. Systemy osuszania ładowni na takich statkach dostosowane są do tempa nabierania wody przez statek (wlewającej się do ładowni przez zrębnice luków przy przechyłach na fali) w trakcie pływania w ekstremalnie złych warunkach pogodowych.

W instalacjach żęzowych stosuje się pompy wirowe, przede wszystkim odśrodkowe, rzadziej helikoidalne.

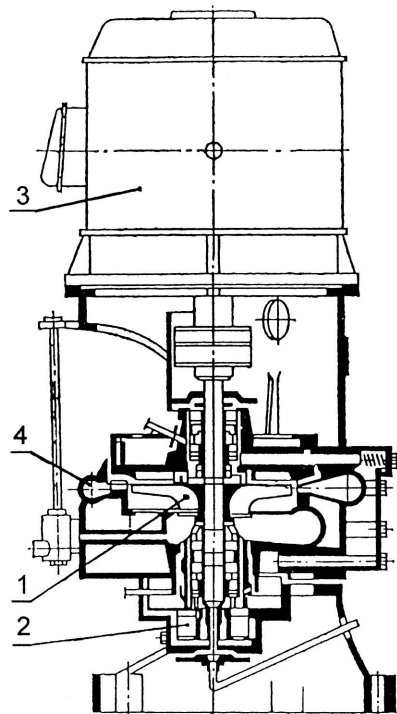
Schematyczne szkice pomp: jednostopniowej odśrodkowej i jednostopniowej helikoidalnej prezentuje rysunek 33. W obu typach pomp ciecz zawarta między łopatkami wirnika, pod wpływem jego obrotów zostaje przyspieszona, wprawiona w ruch obrotowy i odrzucona siłą odśrodkową na zewnętrzną obudowę. W osi wirnika ciśnienie spada, co powoduje zasysanie cieczy na wlocie. Natomiast w wyniku wyhamowania prędkości cieczy na zewnętrznej obudowie pompy, na jej wylocie powstaje wysokie ciśnienie tłoczenia. Pompy wirowe mogą pracować jedynie przy zalanym cieczą wirniku – nie są więc samozasysające. Wobec tego są one umieszczane poniżej dna wewnętrznego oraz wyposażane w stopień samozasysający albo instalacje do zalewania wodą wirnika. W instalację osuszania może być też włączona pomocnicza pompa typu samozasysającego; tłokowa lub strumieniowa, pracująca do chwili zalania cieczą głównej pompy.

Na rysunku 34 pokazany jest przekrój przez jednostopniową pompę odśrodkową z dodatkowym wirnikiem stopnia samozasysania, stosowaną w instalacjach kadłubowych (również żęzowych) na statkach morskich. Natomiast rysunek 35 zawiera schematyczny przekrój przez pompę strumieniową (strumienicę), takie pompy instalowane są w obiegach zalewania pomp żęzowych. Służą one również do przepompowywania cieczy zanieczyszczonych i ścieków. Najczęściej pompy strumieniowe zasilane są wodą morską pompowaną pod dużym ciśnieniem pompami pożarniczymi. Podczas ich pracy wykorzystane

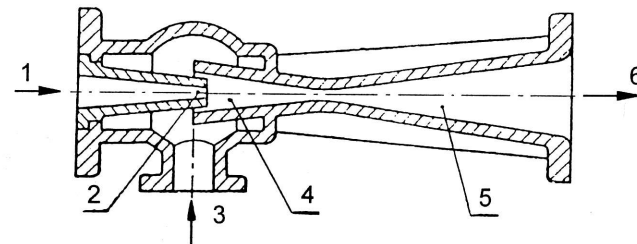


Rys. 33. Pompy wirowe stosowane w instalacjach kadłubowych [18]: a) odśrodkowa, b) helikoidalna; 1 – wirnik, 2 – obudowa, 3 – króciec wlotowy, 4 – króciec wylotowy

jest zjawisko przekazywania pędu między sąsiadującymi ze sobą strumieniami cieczy o różnych prędkościach. W dyszy strumienicy ciśnienie wody zasilającej zamienia się na dużą prędkość wypływu na wylocie dyszy. W komorze mieszania, zgodnie z prawem Bernoulliego, powstaje podciśnienie powodujące zasysanie cieczy pompowanej. Mieszanina tej cieczy z wodą zasilającą strumienicę przepływa przez stopniowo rozszerzający się dyfuzor, w którym duża prędkość mieszaniny zostaje zamieniona na ciśnienie tłoczenia. Prosta konstrukcja tego typu pomp i ich wysoka niezawodność, powodowana brakiem ruchomych części, okupiona jest bardzo niską sprawnością pracy. Stąd wynika ograniczenie ich stosowania – używane są głównie jako pompy pomocnicze.



Rys. 34. Odśrodkowa pompa okrętowa o osi pionowej ze stopniem samozasysania [18]; 1 – wirnik główny, 2 – wirnik stopnia samozasysającego, 3 – silnik elektryczny, 4 – obudowa



Rys. 35. Pompa strumieniowa (strumienica) [18]; 1 – dopływ cieczy roboczej, 2 – dysza strumienicy, 3 – dopływ zasysanej cieczy, 4 – komora mieszania, 5 – dyfuzor, 6 – króciec wylotowy

6.3. Typy instalacji zęzowych

Pompy instalacji zęzowej: główna i zapasowa, jak i pompa pomocnicza do zalewania powyższych pomp, umieszczone są zawsze w maszynowni statku. Również tam znajdują się rurociągi i zawory obsługi pomp, w tym: rurociąg usuwania wypompowanych cieczy za burtę, rurociągi i zawory do podłączenia pompy zapasowej oraz instalacja zalewania pomp lub ich odpowietrzania. Zróżnicowania instalacji zęzowych na statkach morskich dotyczą głównie ich części rozciągających się pomiędzy osuszonymi przedziałami a pompami.

Na starszych statkach najczęściej stosowana jest instalacja rozgałęziona, w której z osuszanych przestrzeni statku (ładownie, przedziały ochronne i inne pomieszczenia) prowadzą oddzielne rurociągi do maszynowni. Przy jej grodziach (przedniej i tylnej) umieszczone są zawory zaporowo-zwrotne odcinające poszczególne rurociągi. Zazwyczaj zawory zęz obu burt tylnej i przedniej części statku montowane są we wspólnej obudowie, tworząc tak zwane skrzynie zaworowe (rys. 3). Od tych skrzyń do pomp biegają rurociągi zbiorcze (kolektory).

Schemat omawianego typu instalacji zęzowej, w obrębie maszynowni, pokazany jest na rysunku 36.

Znacznie prostsza jest instalacja, gdy rurociągi zbiorcze wyprowadzone są poza maszynownię i umieszczone wewnątrz środkowego wzdłużnika tunelowego lub wewnątrz bocznych wzdłużników tunelowych w dnie podwójnym. Taka instalacja prezentowana jest na rysunku 37. Od rurociągów zbiorczych prowadzą do poszczególnych