

Załącznik do Obwieszczenia
Ministra Gospodarki Morskiej i Żeglugi
Śródlądowej
z dnia 5 grudnia 2018 r.(poz. 50)

MSC 95/22/Add.1 Annex 1, str. 1

ANEKS 1
REZOLUCJA MSC.391(95) (przyjęta 11 czerwca 2015)

PRZYJĘCIE MIĘDZYNARODOWEGO KODEKSU BEZPIECZEŃSTWA STATKÓW
STOSUJĄCYCH PALIWO GAZOWE LUB INNE PALIWA O NISKIEJ
TEMPERATURZE ZAPŁONU (KODEKS IGF)

KOMITET BEZPIECZENSTWA NA MORZU,
PRZYWOŁUJĄC artykuł 28(b) Konwencji o Międzynarodowej Organizacji Morskiej
dotyczący funkcjonowania Komitetu,
UZNAJĄC potrzebę opracowania obowiązującego kodeksu dotyczącego statków stosujących
paliwo gazowe lub inne paliwa o niskiej temperaturze zapłonu,
ODNOTOWUJĄC rezolucję MSC.392(95), poprzez którą Komitet przyjął, między innymi,
zmiany do rozdziałów II-1, II-2 oraz Załącznik do Aneksu Międzynarodowej Konwencji o
Bezpieczeństwie Życia na Morzu, 1974 ("Konwencji") w celu spowodowania obowiązywania
na mocy Konwencji postanowień Międzynarodowego kodeksu bezpieczeństwa statków
stosujących paliwo gazowe lub inne paliwa o niskiej temperaturze zapłonu,
PO ROZPATRZENIU, na swojej dziewięćdziesiątej piątej sesji, projektu Międzynarodowego
kodeksu bezpieczeństwa statków stosujących paliwo gazowe lub inne paliwa o niskiej
temperaturze zapłonu,

- 1 PRZYJMUJE Kodeks IGF, którego tekst został podany w Aneksie do obecnej rezolucji;
- 2 ZACHĘCA Umawiające się Rządy, będące stronami Konwencji, aby przyjęły do wiadomości, że Kodeks IGF wejdzie w życie 1 stycznia 2017 r. po wejściu w życie zmian do rozdziałów II-1, II-2 oraz Załącznika do Aneksu Konwencji;
- 3 ZACHĘCA TAKŻE Umawiające się Rządy do rozpatrzenia dobrowolnego zastosowania Kodeksu IGF, na ile to możliwe, do statków towarowych o nośności brutto mniejszej od 500 t, stosujących paliwa gazowe lub inne paliwa o niskiej temperaturze zapłonu;
- 4 UZNAJE, że Kodeks zostanie uzupełniony o wymagania dotyczące kolejnych paliw o niskiej temperaturze zapłonu, jeśli i gdy zostaną one opracowane przez Organizację;
- 5 WNIOSKUJE do Sekretarza Generalnego Organizacji o przekazanie poświadczonych kopii obecnej rezolucji oraz tekstu Kodeksu IGF, zawartego w Aneksie, wszystkim Umawiającym się Rządom Stronom Konwencji;
- 6 WNIOSKUJE TAKŻE do Sekretarza Generalnego Organizacji o przekazanie kopii obecnej rezolucji oraz tekstu Kodeksu IGF zawartego w Aneksie wszystkim Członkom Organizacji, którzy nie są Umawiającymi się Rządami Konwencji SOLAS.

ANEKS
MIEDZYNARODOWY KODEKS BEZPIECZEŃSTWA STATKÓW STOSUJĄCYCH
PALIWO GAZOWE LUB INNE PALIWA O NISKIEJ TEMPERATURZE ZAPŁONU
(KODEKS IGF)

TREŚĆ

Rozdział	Str.
1 PREAMBUŁA	7
CZEŚĆ A	8
2 ZAGADNIENIA OGÓLNE	8
2.1 Zastosowanie	8
2.2 Definicje	8
2.3 Projekt alternatywny	11
3 CEL I WYMAGANIA FUNKCJONALNE	11
3.1 Cel	11
3.2 Wymagania funkcjonalne	11
4 WYMAGANIA OGÓLNE	12
4.1 Cel	12
4.2 Ocena ryzyka	12
4.3 Ograniczanie skutków wybuchu	13
CZEŚĆ A-1 SZCZEGÓLNE WYMAGANIA DLA STATKÓW STOSUJĄCYCH PALIWO GAZOWE	14
5 KONSTRUKCJA STATKU I JEGO UKŁADY	14
5.1 Cel	14
5.2 Wymagania funkcjonalne	14
5.3 Przepisy – zagadnienia ogólne	14
5.4 Maszynownia	18
5.5 Przepisy dotyczące maszynowni gazobezpiecznej	18
5.6 Przepisy dotyczące maszynowni chronionej ESD	18
5.7 Przepisy dotyczące umiejscowienia i zabezpieczenia rurociągów paliwowych	19
5.8 Przepisy dotyczące konstrukcji pomieszczenia przygotowania paliwa	19
5.9 Przepisy dotyczące instalacji zęzowych	19
5.10 Przepisy dotyczące tac ociekowych	20
5.11 Przepisy dotyczące rozmieszczenia wejść i innych otworów w przestrzeniach zamkniętych	20
5.12 Przepisy dotyczące śluz powietrznych	20
6 INSTALACJA PALIWOWA	21
6.1 Cel	21
6.2 Wymagania funkcjonalne	21
6.3 Przepisy ogólne	22
6.4 Przepisy dotyczące przewodów skroplonego paliwa gazowego	23
6.5 Przepisy dotyczące przenośnych zbiorników na skroplone paliwo gazowe	55
6.6 Przepisy dotyczące przewodów paliwa CNG	56
6.7 Przepisy dotyczące instalacji upustu ciśnienia	56
6.8 Przepisy dotyczące granicy załadowania zbiorników skroplonego paliwa gazowego	62
6.9 Przepisy dotyczące utrzymywania warunków magazynowania paliwa	62
6.10 Przepisy dotyczące kontroli atmosfery wewnątrz instalacji paliwowej	63

6.11 Przepisy dotyczące kontroli atmosfery wewnątrz przestrzeni magazynowania paliwa (Instalacja ochrony paliwa inna niż niezależne zbiorniki typu C)	64
6.12 Przepisy dotyczące kontroli środowiskowej przestrzeni otaczających niezależne zbiorniki typu C	64
6.13 Przepisy dotyczące napełniania gazem obojętnym	64
6.14 Przepisy dotyczące wytwarzania i magazynowania gazu obojętnego na statku	65
7 MATERIAŁ I OGÓLNA KONSTRUKCJA RUROCIĄGÓW	65
7.1 Cel	65
7.2 Wymagania funkcjonalne	65
7.3 Przepisy dotyczące ogólnej konstrukcji rurociągów	66
7.4 Przepisy dotyczące materiałów	70
8 BUNKROWANIE	74
8.1 Cel	74
8.2 Wymagania funkcjonalne	74
8.3 Przepisy dotyczące stacji bunkrowania	74
8.4 Przepisy dotyczące kolektora	75
8.5 Przepisy dotyczące instalacji bunkrowania	75
9 DOSTARCZANIE PALIWA DO ODBIORNIKÓW	76
9.1 Cel	76
9.2 Wymagania funkcjonalne	76
9.3 Przepisy dotyczące nadmiarowego dostarczania paliwa	76
9.4 Przepisy dotyczące funkcji bezpieczeństwa instalacji zasilania gazem	76
9.5 Przepisy dotyczące rozprowadzania paliwa poza maszynownią	77
9.6 Przepisy dotyczące dostarczania paliwa do odbiorników w gazobezpiecznej maszynowni	78
9.7 Przepisy dotyczące dostarczania paliwa do odbiorników w maszynowni chronionej systemem ESD	78
9.8 Przepisy dotyczące konstrukcji przewodu wentylowanego, rurociągu zewnętrznego wobec wycieku gazu w rurociągu wewnętrznym	78
9.9 Przepisy dotyczące sprężarek i pomp	79
10 WYTWARZANIE ENERGII WŁĄCZNIE Z NAPĘDEM I INNYMI ODBIORNIKAMI GAZU	80
10.1 Cel	80
10.2 Wymagania funkcjonalne	80
10.3 Przepisy dotyczące silników spalinowych tłokowych	80
10.4 Przepisy dotyczące kotłów głównych i pomocniczych	82
10.5 Przepisy dotyczące turbin gazowych	82
11 BEZPIECZEŃSTWO PRZECIWPOŻAROWE	83
11.1 Cel	83
11.2 Wymagania funkcjonalne	83
11.3 Przepisy dotyczące ochrony przeciwpożarowej	83
11.4 Przepisy dotyczące magistrali przeciwpożarowej	84
11.5 Przepisy dotyczące instalacji rozpylającej water spray system	84
11.6 Przepisy dotyczące systemu gaśniczego proszkowego	85
11.7 Przepisy dotyczące instalacji wykrywania i sygnalizacji pożaru	85
12 ZAPOBIEGANIE WYBUCHOM	85
12.1 Cel	85
12.2 Wymagania funkcjonalne	85
12.3 Przepisy – ogólne	85

12.4 Przepisy dotyczące klasyfikacji rejonów	86
12.5 Rejony niebezpieczne	86
13 WENTYLACJA	87
13.1 Cel	87
13.2 Wymagania funkcjonalne	87
13.3 Przepisy – ogólne	87
13.4 Przepisy dotyczące przestrzeni łączącej zbiorniki	89
13.5 Przepisy dotyczące maszynowni	89
13.6 Przepisy dotyczące pomieszczenia przygotowania paliwa	90
13.7 Przepisy dotyczące stacji bunkrowania	90
13.8 Przepisy dotyczące przewodów i podwójnych rurociągów	90
14 INSTALACJE ELEKTRYCZNE	91
14.1 Cel	91
14.2 Wymagania funkcjonalne.....	91
14.3 Przepisy – ogólne.....	91
15 SYSTEMY KONTROLI, MONITOROWANIA I BEZPIECZEŃSTWA	92
15.1 Cel	92
15.2 Wymagania funkcjonalne	92
15.3 Przepisy – ogólne.....	92
15.4 Przepisy dotyczące bunkrowania oraz monitorowania zbiornika skroplonego paliwa gazowego	93
15.5 Przepisy dotyczące kontroli bunkrowania	94
15.6 Przepisy dotyczące monitorowania sprężarek gazu	94
15.7 Przepisy dotyczące monitorowania silników gazowych	95
15.8 Przepisy dotyczące wykrywania gazu	95
15.9 Przepisy dotyczące wykrywania pożaru	96
15.10 Przepisy dotyczące wentylacji	96
15.11 Przepisy dotyczące funkcji bezpieczeństwa instalacji zasilania paliwem	96
ANEKS Norma dotycząca stosowania metodologii stanu granicznego w projektowaniu systemu paliwowego o nowatorskiej konfiguracji	100
CZĘŚĆ B-1	107
16 WYTWARZANIE, WYKONAWSTWO ORAZ PRÓBY	107
16.1 Zagadnienia ogólne	107
16.2 Ogólne przepisy i specyfikacje dotyczące prób	107
16.3 Spawanie materiałów metalowych oraz próby nieniszczące instalacji przesyłu paliwa	109
16.4 Inne przepisy dotyczące budowy z materiałów metalowych	112
16.5 Próby	113
16.6 Spawanie, obróbka cieplna po spawaniu i próby nieniszczące	115
16.7 Przepisy dotyczące prób	116
CZĘŚĆ C-1	119
17 ĆWICZENIA, WŁĄCZNIE Z ĆWICZENIAMI SYTUACJI AWARYJNYCH	119
18 OBSŁUGA	119
18.1 Cel	119
18.2 Wymagania funkcjonalne	119
18.3 Przepisy dotyczące utrzymania	120
18.4 Przepisy dotyczące operacji bunkrowania	120
18.5 Przepisy dotyczące wejścia do przestrzeni zamkniętych	122
18.6 Przepisy dotyczące napełniania gazem obojętnym i przeczyszczania instalacji paliwowej	122
18.7 Przepisy dotyczące pracy gorącej przy lub w pobliżu instalacji paliwowej	122

ANEKS KWIT DOSTAWY PALIWA LNG	123
CZEŚĆ D	124
19 SZKOLENIA	124
19.1 Cel	124
19.2 Wymagania funkcjonalne	124

1 PREAMBUŁA

Celem niniejszego kodeksu jest ustanowienie międzynarodowego standardu dla statków stosujących paliwo o niskiej temperaturze zapłonu, innych niż statki objęte kodeksem IGC.

Myślą przewodnią kodeksu jest wprowadzenie obowiązkowych wymagań dotyczących rozmieszczenia, instalowania, sterowania oraz monitorowania urządzeń maszynowych, wyposażenia oraz instalacji wykorzystujących paliwo o niskiej temperaturze zapłonu, mając na uwadze zminimalizowanie ryzyka dla statku, jego załogi i środowiska, z uwzględnieniem właściwości paliw, będących przedmiotem regulacji.

W czasie opracowywania tego kodeksu uznano, że musi być on oparty na solidnych zasadach architektury oraz inżynierii okrętowej oraz w jak najszerszym stopniu uwzględniać aktualne doświadczenia eksploatacyjne, dane branżowe oraz osiągnięcia badawczo-rozwojowe. Ze względu na szybką ewolucję technologii paliwowych, Organizacja będzie okresowo aktualizować kodeks, z uwzględnieniem zebranego doświadczenia jak i postępu technicznego.

Kodeks zawiera regulacje we wszystkich obszarach wymagających specjalnego rozpatrzenia w przypadku stosowania paliwa o niskiej temperaturze zapłonu. Podstawową ideą Kodeksu IGF jest podejście oparte na celu (MSC.1/Circ.1394). W związku z tym w każdym rozdziale określono cele i wymagania funkcjonalne tworząc podstawę do projektowania, budowy i eksploatacji.

Aktualna wersja tego Kodeksu zawiera przepisy określające wymagania funkcjonalne, które mają być spełnione w wypadku zastosowania gazu ziemnego jako paliwa. Przepisy dotyczące innych paliw o niskiej temperaturze zapłonu będą dodane do kodeksu jeśli i gdy zostaną opracowane przez Organizację.

W międzyczasie, w przypadku innych paliw o niskiej temperaturze zapłonu, spełnianie wymagań funkcjonalnych określonych w tym Kodeksie należy wykazywać poprzez projekty alternatywne.

CZĘŚĆ A

2 ZAGADNIENIA OGÓLNE

2.1 Zastosowanie

Jeżeli wyraźnie nie postanowiono inaczej, niniejszy Kodeks ma zastosowanie do statków objętych wymaganiami rozdziału II-1, części G Konwencji SOLAS.

2.2 Definicje

Jeśli poniżej nie postanowiono inaczej, w Kodeksie mają zastosowanie definicje podane w rozdziale II-2 Konwencji SOLAS.

2.2.1 Wypadek – niekontrolowane zdarzenie, które może pociągnąć za sobą utratę życia ludzkiego, obrażenia osobiste, szkody dla środowiska lub utratę własności oraz aktywów finansowych.

2.2.2 Szerokość (B) – największa szerokość konstrukcyjna statku na linii największego zanurzenia (zanurzenie do letniej linii ładunkowej) lub poniżej niej (patrz SOLAS, правило II-1/2.8).

2.2.3 Bunkrowanie – przesyłanie paliwa ciekłego lub gazowego z urządzeń lądowych lub pływających do stałych zbiorników statku lub podłączenie zbiorników przenośnych do instalacji zasilania paliwem statku.

2.2.4 Certyfikowane jako bezpieczne – wyposażenie elektryczne, które jest certyfikowane jako bezpieczne przez właściwe instytucje uznane przez Administrację do działania w atmosferze palnej, w oparciu o uznaną normę.¹

2.2.5 CNG – sprężony gaz ziemny (patrz także 2.2.26).

2.2.6 Posterunek dowodzenia – pomieszczenie zdefiniowane w rozdziale II-2 Konwencji SOLAS, a dla potrzeb niniejszego kodeksu dodatkowo centrala maszynowo kontrolna.

2.2.7 Temperatura projektowa przy doborze materiałów jest minimalną temperaturą, w której skroplone paliwo gazowe może być załadowane lub transportowane w zbiornikach skroplonego paliwa gazowego.

2.2.8 Projektowa prężność par " P_0 " jest maksymalnym ciśnieniem manometrycznym, na szczycie zbiornika, stosowanym przy projektowaniu zbiornika.

2.2.9 Zespół zaporowo-upustowy – zestaw dwu zaworów zamontowanych szeregowo na rurociągu w połączeniu z trzecim zaworem umożliwiającym upuszczenie ciśnienia z rurociągu pomiędzy tymi dwoma zaworami. Zestaw może także składać się z zaworu dwudrożnego oraz zaworu zamykającego zainstalowanych zamiast trzech osobnych zaworów.

2.2.10 Silniki dwupaliwowe – silniki, które wykorzystują paliwo objęte przepisami niniejszego kodeksu (razem z paliwem pilotowym) oraz paliwo olejowe. Paliwa olejowe mogą obejmować paliwa destylowane oraz resztkowe.

2.2.11 Przestrzeń zamknięta – przestrzeń, w obrębie której, przy braku sztucznej wentylacji, wentylacja będzie ograniczona a atmosfera wybuchowa nie rozproszy się w sposób naturalny.²

2.2.12 ESD – wyłączenie awaryjne.

¹ Patrz seria norm IEC 60079 Atmosfery wybuchowe oraz norma IEC 60092-502:1999 Instalacje elektryczne na statkach – Zbiornikowce – Właściwości specjalne.

² Patrz także definicja w normie IEC 60092-502:1999

2.2.13 Wybuch – przypadek gwałtownego, niekontrolowanego spalania.

2.2.14 Upust ciśnienia wybuchowego – środki zapobiegające wytworzeniu się w zbiorniku lub w przestrzeni zamkniętej ciśnienia wybuchowego, przekraczającego maksymalne nadciśnienie, na które zaprojektowany jest dany zbiornik lub przestrzeń, poprzez upuszczenie nadciśnienia przez przeznaczone do tego otwory.

2.2.15 System bezpiecznego magazynowania paliwa – układ służący magazynowaniu paliwa włącznie z przyłączami zbiornika. Obejmuje on, jeśli zainstalowano, barierę pierwszą i drugą, związaną z tym izolację, przestrzeń leżące pomiędzy nimi oraz przyległą konstrukcję jeśli jest niezbędna do podparcia tych elementów. Jeśli bariera druga jest częścią konstrukcji kadłuba, może być ona granicą przestrzeni magazynowania paliwa.

Przestrzenie wokół zbiornika paliwa określane są następująco:

.1 Przestrzeń magazynowania paliwa – przestrzeń zamknięta konstrukcją statku zawierającą system bezpiecznego magazynowania paliwa. W przypadku gdy przyłącza zbiornika znajdują się w przestrzeni magazynowania paliwa, będzie to także przestrzeń przyłączeniowa zbiornika;

.2 Przestrzeń międzybarierowa – przestrzeń między barierami pierwszą i drugą, niezależnie od tego czy jest całkowicie czy częściowo wypełniona izolacją lub innymi materiałami; oraz

.3 Przestrzeń przyłączeniowa zbiornika – przestrzeń mieszcząca wszystkie przyłącza zbiornika i jego zawory, która wymagana jest w przypadku zbiorników, których przyłącza znajdują się w przestrzeniach zamkniętych.

2.2.16 Granica napełniania – stosunek maksymalnej objętości cieczy w zbiorniku paliwowym do całkowitej objętości zbiornika, gdy paliwo ciekłe osiągnęło temperaturę referencyjną.

2.2.17 Pomieszczenie przygotowania paliwa – przestrzeń zawierająca pompy, sprężarki i/lub reduktory (parowniki) służące do przygotowania paliwa.

2.2.18 Gaz – płyn o ciśnieniu par przekraczającym 0,28 MPa wartości bezwzględnej w temperaturze 37,8°C.

2.2.19 Odbiornik gazu – urządzenie na pokładzie statku wykorzystujące gaz jako paliwo.

2.2.20 Silnik gazowy – silnik, który może pracować jedynie na paliwie gazowym i którego nie można przełączyć na zasilanie innym paliwem.

2.2.21 Rejon niebezpieczny – rejon, w którym znajduje się lub w którym można się spodziewać atmosfery gazu wybuchowego w ilości wymagającej zastosowania specjalnych środków ostrożności podczas budowy, instalowania i eksploatacji wyposażenia.

2.2.22 Wysokie ciśnienie – maksymalne ciśnienie robocze większe od 1,0 MPa.

2.2.23 Zbiorniki niezależne są samopodpierające się, nie tworzą części kadłuba statku i nie wpływają zasadniczo na wytrzymałość kadłuba statku.

2.2.24 LEL – dolna granica wybuchowości.

2.2.25 Długość (*L*) – długość zgodnie z definicją podaną w obowiązującej Międzynarodowej konwencji o liniach ładunkowych.

2.2.26 LNG – skroplony gaz ziemny.

2.2.27 Granica załadowania – stosunek maksymalnej dopuszczalnej objętości cieczy do objętości zbiornika, do której może być on załadowany.

2.2.28 Paliwo o niskiej temperaturze zapłonu – paliwo gazowe lub ciekłe o temperaturze zapłonu niższej niż dozwolono w paragrafie 2.1.1 prawidła II-2/4 Konwencji SOLAS.

2.2.29 MARVS – maksymalna dopuszczalna nastawa zaworu nadmiarowego.

2.2.30 MAWP – maksymalne dopuszczalne ciśnienie robocze przyjęte dla danego elementu instalacji lub zbiornika.

2.2.31 Zbiorniki membranowe – zbiorniki, które nie są samopodpierające się, składające się z cienkiej płyno- i gazoszczelnej warstwy (membrany) podpieranej poprzez izolację przyległą konstrukcją kadłuba.

2.2.32 Silniki wielopaliwowe – silniki, które mogą być zasilane dwoma lub więcej rodzajami paliwa, doprowadzanymi osobno.

2.2.33 Rejon bezpieczny – rejon, w którym nie jest spodziewana atmosfera gazu wybuchowego w ilości wymagającej specjalnych środków ostrożności podczas budowy, instalowania i eksploataowania wyposażenia.

2.2.34 Pokład otwarty – pokład bez istotnego ryzyka pożarowego, który otwarty jest co najmniej z obu końców/burt, lub jest otwarty z jednego końca i posiada odpowiednią wentylację naturalną, skuteczną na całej długości pokładu przy wykorzystaniu stałych otworów rozmieszczonych w poszyciu burt lub w suficie pokładu.

2.2.35 Ryzyko – wypadkowa prawdopodobieństwa i dotkliwości skutków.

2.2.36 Temperatura odniesienia – temperatura odpowiadająca ciśnieniu par paliwa w zbiorniku paliwa przy ustalonej nastawie zaworów nadmiarowych (PRVs).

2.2.37 Bariera druga – szczelny dla cieczy zewnętrzny element systemu bezpiecznego magazynowania paliwa zaprojektowany tak, aby czasowo powstrzymać każdy możliwy do przewidzenia wyciek paliwa ciekłego przez barierę pierwszą i zapobiec zmniejszeniu temperatury konstrukcji statku do poziomu niebezpiecznego.

2.2.38 Przestrzeń półzamknięta – przestrzeń, w której naturalne warunki wentylacji są wyraźnie inne niż te, które panują na pokładzie otwartym, ze względu na obecność takich konstrukcji jak dachy, wiatrochrony i grodzie, tak rozmieszczonych że utrudniona jest dyspersja gazu.³

2.2.39 Źródło wycieku – punkt lub miejsce, z którego gaz, pary, mgła lub ciecz mogą być uwalniane do atmosfery, w taki sposób że może wytworzyć się atmosfera wybuchowa.

2.2.40 Nieakceptowalna utrata mocy – brak możliwości podtrzymania lub odtworzenia normalnego działania urządzeń napędowych w przypadku zaniku działania jednego z ważnych urządzeń pomocniczych, zgodnie z prawidłem II-1/26.3 Konwencji SOLAS.

2.2.41 Prężność par – ciśnienie równowagi pary nasyconej znajdującej się nad cieczą, wyrażone w MPa wartości bezwzględnej, przy określonej temperaturze.

2.3 Konstrukcja alternatywna

2.3.1 Niniejszy kodeks zawiera wymagania funkcjonalne dotyczące wszystkich urządzeń i układów związanych ze stosowaniem paliw o niskiej temperaturze zapłonu.

2.3.2 Paliwa, urządzenia i układy instalacji paliwa o niskiej temperaturze zapłonu mogą:

.1 różnić się od przedstawionych w kodeksie, lub

³ Patrz także norma IEC 60092-502:1999 Elektryczne instalacje na statkach – zbiornikowce – właściwości specjalne.

.2 być zaprojektowane do stosowania paliwa, które nie zostało wymienione w niniejszym kodeksie.

Takie paliwa, urządzenia i układy mogą być stosowane, jeśli spełniają cel i są zgodne z mającymi zastosowanie wymaganiami i gwarantują poziom bezpieczeństwa równoważny określone w odpowiednich rozdziałach kodeksu.

2.3.3 Równoważność konstrukcji alternatywnych powinna być zademonstrowana zgodnie z prawidem II-1/55 Konwencji SOLAS i zatwierdzona przez Administrację. Administracja jednak nie powinna zezwalać na stosowanie metod lub procedur eksploatacyjnych jako rozwiązań alternatywnych do określonego elementu armatury, materiału, urządzenia, aparatu, składnika wyposażenia lub jego typu, ustalonych w niniejszym Kodeksie.

3 CEL I WYMAGANIA FUNKCJONALNE

3.1 Cel

Celem kodeksu jest zapewnienie bezpiecznej i przyjaznej dla środowiska konstrukcji, budowy oraz eksploatacji statków, a w szczególności instalowania na nich systemów urządzeń maszynowych napędu, pomocniczych urządzeń prądowórczych i/lub innych urządzeń maszynowych wykorzystujących jako paliwo gaz lub paliwa o niskiej temperaturze zapłonu.

3.2 Wymagania funkcjonalne

3.2.1 Bezpieczeństwo, pewność oraz niezawodność systemów powinny być równoważne zapewnianym przez nowe i porównywalne konwencjonalne, główne i pomocnicze urządzenia maszynowe zasilane paliwem olejowym.

3.2.2 Należy do minimum zmniejszyć prawdopodobieństwo i skutki zagrożeń związanych ze stosowaniem paliwa poprzez odpowiednie rozmieszczenie oraz zaprojektowanie instalacji, takich jak wentylacyjna, wykrywczą i bezpieczeństwa. W przypadku wycieku gazu lub awarii środków zmniejszających ryzyko, powinny być podjęte niezbędne działania bezpieczeństwa.

3.2.3 Koncepcja projektu powinna zapobiegać nieakceptowalnej utracie mocy po zastosowaniu środków ograniczających ryzyko oraz działań w zakresie bezpieczeństwa związanych z instalacją paliwa gazowego.

3.2.4 Należy ograniczyć obszary niebezpieczne, na ile to praktycznie możliwe, aby zmniejszyć potencjalne ryzyka, które mogą mieć wpływ na bezpieczeństwo statku, ludzi na pokładzie i wyposażenia.

3.2.5 Należy ograniczyć wyposażenie instalowane w rejonach niebezpiecznych do takiego, które jest wymagane w celach eksploatacyjnych, a takie wyposażenie powinno być odpowiednio i właściwie certyfikowane.

3.2.6 Należy zapobiegać niezamierzonemu gromadzeniu się wybuchowych, palnych lub toksycznych stężeń gazu.

3.2.7 Komponenty instalacji należy chronić przed uszkodzeniami zewnętrznymi.

3.2.8 Należy zminimalizować obecność źródeł zapłonu w rejonach niebezpiecznych, w celu zmniejszenia prawdopodobieństwa wybuchu.

3.2.9 Należy przyjąć rozwiązania w celu bezpiecznego i odpowiedniego dostarczania paliwa, oraz jego magazynowania i przesyłania umożliwiającego jego pobieranie i przechowywanie w wymaganym stanie bez wycieku. Z wyjątkiem gdy jest to niezbędne ze względów bezpieczeństwa, konstrukcja instalacji powinna zapobiegać jej odpowietrzeniu we wszystkich przyjętych warunkach eksploatacyjnych, włącznie z okresami bezczynności.

3.2.10 Należy wyposażyć statek w instalacje rurociągów, urządzenia do bezpiecznego magazynowania paliwa oraz w zawory nadmiarowe odpowiedniej konstrukcji i budowy, zamontowane odpowiednio do ich przeznaczenia.

3.2.11 Urządzenia maszynowe, instalacje i ich elementy powinny być tak zaprojektowane, zbudowane, zainstalowane, obsługiwane, utrzymywane i zabezpieczone, aby mogły działać w sposób bezpieczny i niezawodny.

3.2.12 System bezpiecznego magazynowania paliwa oraz pomieszczenia maszynowe, w których znajdują się źródła potencjalnego wycieku gazu, powinny być tak zaprojektowane i rozmieszczone, aby pożar lub wybuch nie doprowadził do nieakceptowalnej utraty mocy lub unieruchomił wyposażenie w innych przedziałach.

3.2.13 Należy wyposażyć statek w odpowiednie systemy sterowania, alarmowe, monitorowania i wyłączania, w celu zapewnienia ich bezpiecznego i niezawodnego działania.

3.2.14 Należy wyposażyć statek w stałą instalację wykrywania gazu, odpowiednią do wszystkich rozpatrywanych przestrzeni i obszarów.

3.2.15 Należy wyposażyć statek w urządzenia służące wykrywaniu pożaru, jego zapobieganiu i gaszeniu, odpowiednie do istniejących zagrożeń.

3.2.16 Instalacje paliwowe oraz urządzenia wykorzystujące gaz powinny być oddawane do użytku, poddawane próbom i utrzymywane zgodnie z celami w aspekcie bezpieczeństwa, dostępności i niezawodności.

3.2.17 Dokumentacja techniczna instalacji powinna umożliwiać ocenę zgodności jej i jej elementów z mającymi zastosowanie przepisami, wytycznymi, stosowanymi normami konstrukcyjnymi oraz zasadami dotyczącymi bezpieczeństwa, dostępności, możliwości utrzymania i niezawodności.

3.2.18 Pojedyncza awaria instalacji technicznej lub jej elementu nie powinna prowadzić do sytuacji niebezpiecznej lub do utraty niezawodności.

4 WYMAGANIA OGÓLNE

4.1 Cel

Celem tego rozdziału jest zapewnienie prowadzenia niezbędnych ocen ryzyka związanego z rozpatrywanymi operacjami, w celu wyeliminowania lub złagodzenia wszystkich niekorzystnych ich skutków dla ludzi na statku, środowiska lub samego statku.

4.2 Ocena ryzyka

4.2.1 Należy przeprowadzać ocenę ryzyka, aby zapewnić uwzględnienie ryzyk wynikających z wykorzystywania na statku paliw o niskiej temperaturze zapłonu, oddziałujących na ludzi na statku, środowisko, wytrzymałość konstrukcyjną lub integralność statku. Należy uwzględniać ryzyka związane z układem fizycznym, obsługą i utrzymaniem, po wystąpieniu możliwej do przewidzenia awarii.

4.2.2 W przypadku statków, do których ma zastosowanie część A-1, ocena ryzyka wymagana w 4.2.1, musi być przeprowadzana jedynie wówczas gdy została jednoznacznie podana jako wymaganie w paragrafach 5.10.5, 5.12.3, 6.4.1.1, 6.4.15.4.7.2, 8.3.1.1, 13.4.1, 13.7 oraz 15.8.1.10, oraz w paragrafach 4.4 i 6.8 Aneksu.

4.2.3 Ryzyka powinny być analizowane przy wykorzystaniu akceptowalnych i uznanych technik analizy ryzyka, należy przy tym co najmniej uwzględnić zanik działania, uszkodzenie komponentów, pożar, wybuch oraz porażenie prądem. Analiza powinna zapewnić wyeliminowanie ryzyk tam gdzie jest to możliwe. Ryzyka, których nie można wyeliminować,

należy koniecznie łagodzić. Szczegóły dotyczące ryzyk oraz środki ich łagodzenia powinny być udokumentowane zgodnie z wymaganiami Administracji.

4.3 Ograniczanie skutków wybuchu

Wybuch w przestrzeni, w której znajduje się potencjalne źródło wycieku⁴ oraz potencjalne źródło zapłonu nie powinien:

- .1** powodować uszkodzenia lub zakłócenia właściwego działania wyposażenia/instalacji znajdującej się w przestrzeni innej niż ta, w której wydarzył się wypadek;
- .2** powodować uszkodzenia statku, którego rezultatem byłoby zalanie wodą poniżej pokładu głównego lub jakiegokolwiek stopniowe zalanie;
- .3** powodować uszkodzenia pomieszczeń służbowych lub mieszkalnych, którego skutkiem byłyby obrażenia osób przebywających w takich obszarach w normalnych warunkach eksploatacyjnych;
- .4** zakłócać właściwego funkcjonowania stanowisk sterowania oraz pomieszczeń rozdzielnic niezbędnych do rozdziału energii;
- .5** powodować uszkodzenia wyposażenia ratunkowego lub związanych z nim urządzeń wodujących;
- .6** zakłócać właściwego funkcjonowania wyposażenia przeciwpożarowego znajdującego się poza przestrzenią uszkodzoną wybuchem;
- .7** oddziaływać na inne obszary statku, w taki sposób, że mogą zostać wywołane reakcje łańcuchowe obejmujące, m.in. ładunek, gaz oraz paliwo olejowe; lub
- .8** uniemożliwiać dostępu ludzi do środków ratunkowych lub utrudniać użycia dróg ewakuacji.

⁴ Rurociągi paliwowe o ścianach podwójnych nie są uważane za potencjalne źródła wycieku.

CZĘŚĆ A-1

SZCZEGÓLWE WYMAGANIA DLA STATKÓW STOSUJĄCYCH GAZ ZIEMNY JAKO PALIWO

W kontekście wymagań tej części Kodeksu paliwo oznacza gaz ziemny, w postaci skroplonej lub gazowej.

Należy uznać, że skład gazu ziemnego może różnić się w zależności od źródła jego pochodzenia oraz metody przetwarzania.

5 KONSTRUKCJA STATKU I JEGO UKŁADY

5.1 Cel

Celem tego rozdziału jest zapewnienie bezpiecznego rozmieszczenia, układu przestrzennego i mechanicznych zabezpieczeń urządzeń prądotwórczych, systemu przechowywania paliwa, wyposażenia służącego zasilaniu paliwem oraz systemów uzupełniania paliwa.

5.2 Wymagania funkcjonalne

5.2.1 Niniejszy rozdział odnosi się do wymagań funkcjonalnych podanych w paragrafach 3.2.1 do 3.2.3, 3.2.5, 3.2.6, 3.2.8, 3.2.12 do 3.2.15 oraz 3.2.17. W szczególności zastosowanie mają następujące postanowienia:

- .1** zbiorniki paliwa należy umieszczać tak aby prawdopodobieństwo ich uszkodzenia po kolizji lub wejściu na mieliznę było minimalne, uwzględniając bezpieczną obsługę statku i inne zagrożenia, związane z eksploatacją statku;
- .2** systemy bezpiecznego magazynowania paliwa, rurociągi paliwa i inne źródła wycieku paliwa powinny być tak umieszczone i rozplanowane, aby wyciek gazu był odprowadzony do bezpiecznego miejsca na wolnym powietrzu;
- .3** wejścia lub inne otwory prowadzące do przestrzeni, w których znajdują się źródła wycieku paliwa powinny być tak usytuowane, aby gaz palny, duszący lub toksyczny nie mógł znaleźć się w przestrzeni nie przeznaczonej dla takich gazów;
- .4** rurociągi paliwa powinny być zabezpieczone przed uszkodzeniami mechanicznymi;
- .5** konstrukcja instalacji napędu i zasilania paliwem powinna być taka, aby działania zabezpieczające podjęte po wycieku gazu nie prowadziły do nieakceptowalnej utraty mocy; oraz
- .6** należy zminimalizować prawdopodobieństwo wybuchu gazu w pomieszczeniach maszynowych, w których znajdują się urządzenia maszynowe zasilane gazem lub paliwem o niskiej temperaturze zapłonu.

5.3 Przepisy ogólne

5.3.1 Zbiorniki magazynowania paliwa powinny być zabezpieczone przed uszkodzeniami mechanicznymi.

5.3.2 Zbiorniki i/lub wyposażenie magazynowania paliwa znajdujące się na pokładzie otwartym powinny być tak usytuowane, aby zapewniona była wystarczająca wentylacja naturalna, tak aby zapobiec gromadzeniu się gazu, który wyciekł z instalacji.

5.3.3 Zbiorniki paliwa powinny być zabezpieczone przed uszkodzeniami zewnętrznymi spowodowanymi kolizją statku lub jego wejściem na mieliznę w następujący sposób:

- .1** Zbiorniki paliwa powinny być umieszczone w odległości co najmniej $B/5$ lub 11,5 m, przyjmując tę która jest mniejsza, mierzonej od burty do wewnątrz statku, pod kątem prostym do płaszczyzny symetrii, na poziomie letniej wodnicy ładunkowej;

gdzie:

B jest największą szerokością konstrukcyjną statku na linii lub pod linią najgłębszego zanurzenia (zanurzenie do letniej wodnicy ładunkowej) (patrz SOLAS prawidło II-1/2.8).

.2 Należy przyjąć, że granice każdego zbiornika paliwowego wyznaczają płaszczyzny przechodzące przez punkty konstrukcji zbiornika i jego zaworów najbardziej wysunięte na zewnątrz w kierunku wzdłużnym, poprzecznym i pionowym.

.3 W przypadku zbiorników niezależnych, odległość ochronna powinna być mierzona do ściany zbiornika (pierwsza bariera systemu ochrony zbiornika). W przypadku zbiorników membranowych odległość ta powinna być mierzona do grodzi przyległych do izolacji zbiornika.

.4 W żadnym przypadku granica zbiornika paliwowego nie powinna znajdować się bliżej poszycia burty statku lub jego rufowego krańca niż jak podano niżej:

.1 w przypadku statków pasażerskich: $B/10$, ale nie mniej niż 0,8 m. Ta odległość jednak nie musi być większa niż $B/15$ lub 2 m, przyjmując wartość mniejszą, jeśli poszycie burt znajduje się bardziej do wewnątrz niż $B/5$ lub 11,5 m, przyjmując wartość mniejszą, zgodnie z 5.3.3.1.

.2 w przypadku statków towarowych:

.1 dla V_c o wartości mniejszej lub równej 1000 m^3 , 0,8 m;

.2 dla $1000 \text{ m}^3 < V_c < 5000 \text{ m}^3$, $0,75 + V_c \times 0,2/4000$ m;

.3 dla $5000 \text{ m}^3 \leq V_c < 30000 \text{ m}^3$, $0,8 + V_c / 25000$ m; oraz

.4 dla $V_c \geq 30000 \text{ m}^3$, 2 m,

gdzie:

V_c odpowiada 100% projektowej objętości brutto pojedynczego zbiornika paliwowego w temperaturze 20°C , włącznie z kopolami i częściami wystającymi.

.5 Najniżej położona granica zbiornika paliwowego powinna znajdować się co najmniej w odległości $B/15$ lub 2,0 m, przyjmując wartość mniejszą, od konstrukcyjnej linii poszycia dna w płaszczyźnie symetrii statku.

.6 W przypadku statków wielokadłubowych wartość B może podlegać specjalnemu rozpatrzeniu.

.7 Zbiorniki paliwowe powinny znajdować się w stronę rufy od płaszczyzny poprzecznej znajdującej się w odległości $0,08L$ od pionu dziobowego zgodnie z konwencją SOLAS, praw. II-1/8.1 w przypadku statków pasażerskich oraz za grodzią zderzeniową w przypadku statków towarowych.

gdzie:

L jest długością wg. definicji zawartej w Międzynarodowej konwencji o liniach ładunkowych (patrz konwencja SOLAS praw. II-1/2.5).

.8 W przypadku statków o konstrukcji kadłuba posiadającej większą odporność na zderzenia i/lub wejście na mieliznę, wymagania dotyczące umieszczenia zbiorników paliwowych mogą podlegać specjalnemu rozpatrzeniu, zgodnie z rozdz. 2.3.

5.3.4 Alternatywnie do 5.3.3.1 powyżej, można zastosować następującą metodę obliczeniową w celu określenia akceptowalnego położenia zbiorników paliwowych:

.1 wartość f_{CN} obliczona jak opisano poniżej powinna być mniejsza od 0,02 dla statków pasażerskich i 0,04 dla statków towarowych.⁵

.2 Wartość f_{CN} obliczana jest z poniższego wzoru:

$$F_{CN} = f_i x f_t x f_v$$

gdzie:

f_i obliczane jest poprzez zastosowanie wzorów dla mnożnika p zawartych w Konwencji SOLAS, praw. II-1/7-1.1.1.1. Wartość x_1 powinna odpowiadać odległości od rufowego krańca statku do rufowej granicy zbiornika paliwowego, a wartość x_2 powinna odpowiadać odległości od rufowego krańca statku do dziobowej granicy zbiornika paliwowego.

f_t obliczane jest przez zastosowanie wzorów dla mnożnika r zawartych w Konwencji SOLAS, praw. II-1/7-1.1.2 i odzwierciedla prawdopodobieństwo przejścia uszkodzenia przez zewnętrzną granicę zbiornika paliwowego. Równanie ma następującą postać:

$$f_t = 1 - r(x_1, x_2, b)^6$$

f_v obliczane jest przy zastosowaniu wzorów dla mnożnika v zawartych w Konwencji SOLAS, praw. II-1/7-2.6.1.1 i odzwierciedla prawdopodobieństwo tego, że uszkodzenie nie rozszerzy się w kierunku pionowym ponad najniższą położoną granicę zbiornika paliwowego. Należy wykorzystać wzory:

$f_v = 1,0 - 0,8 \cdot ((H - d) / 7,8)$, jeśli $(H - d)$ jest mniejsze lub równe 7,8 m. f_v nie powinno być przyjmowane jako większe od 1.

$f_v = 0,2 - 0,2 \cdot ((H - d) - 7,8) / 4,7$, we wszystkich innych przypadkach f_v nie powinno być przyjmowane jako mniejsze od 0.

gdzie:

H oznacza odległość od linii podstawowej, w metrach, do najniższej położonej granicy zbiornika paliwowego; oraz

d oznacza największe zanurzenie (do letniej wodnicy ładunkowej).

.3 Należy przyjąć, że granicami każdego zbiornika paliwowego są płaszczyzny przechodzące przez najbardziej wysunięte zewnętrznie w kierunku wzdłużnym, poprzecznym i pionowym krańce konstrukcji zbiornika włącznie z jego zaworami.

.4 W przypadku zbiorników niezależnych, odległość ochronna powinna być mierzona do ściany zbiornika (pierwszej bariery systemu ochrony zbiornika). W przypadku zbiorników membranowych odległość ta powinna być mierzona do grodzi przyległych do izolacji zbiornika.

.5 W żadnym przypadku granica zbiornika paliwowego nie powinna znajdować się bliżej poszycia burty statku lub jego rufowego krańca niż jak podano niżej:

.1 W przypadku statków pasażerskich: $B/10$, ale w żadnym przypadku nie mniej niż 0,8 m. Ta odległość jednak nie musi być większa niż $B/15$ lub 2 m, przyjmując wartość mniejszą,

⁵ Wartość f_{CN} uwzględnia uszkodzenia na skutek zderzenia, które mogą wystąpić w strefie ograniczonej jedynie wzdłużnymi rzutami granic zbiornika i nie może być uznawana lub stosowana jako prawdopodobieństwo uszkodzenia zbiornika na skutek zderzenia. Rzeczywiste prawdopodobieństwo będzie większe jeśli weźmie się pod uwagę dłuższe uszkodzenia, które obejmują strefy z przodu i z tyłu zbiornika paliwowego.

⁶ Gdy najbardziej zewnętrzna granica zbiornika paliwowego znajduje się poza granicą utworzoną przez najgłębszą podziałową linię wodną, wartość b powinna być przyjmowana jako 0.

jeśli poszycie burt znajduje się bardziej do wewnątrz niż $B/5$ lub 11,5 m, przyjmując wartość mniejszą, zgodnie z 5.3.3.1.

.2 W przypadku statków towarowych:

.1 dla V_c o wartości mniejszej lub równej 1000 m^3 , 0,8 m;

.2 dla $1000 \text{ m}^3 < V_c < 5000 \text{ m}^3$, $0,75 + V_c \times 0,2/4000$ m;

.3 dla $5000 \text{ m}^3 \leq V_c < 30000 \text{ m}^3$, $0,8 + V_c/25000$ m; oraz

.4 dla $V_c \geq 30000 \text{ m}^3$, 2 m,

gdzie:

V_c odpowiada 100% projektowej objętości brutto pojedynczego zbiornika paliwowego w temperaturze 20°C , włącznie z kopułami i częściami wystającymi.

.6 W przypadku, gdy na statku w kierunku wzdłużnym jest więcej niż jeden zbiorników, które nie zachodzą na siebie, f_{CN} powinno być obliczane zgodnie z paragrafem 5.3.4.2, osobno dla każdego zbiornika. Wartością stosowaną do pełnego układu zbiorników paliwowych jest suma wszystkich wartości f_{CN} uzyskanych osobno dla wszystkich zbiorników.

.7 W przypadku gdy układ zbiorników paliwowych jest niesymetryczny względem płaszczyzny symetrii statku, obliczenia f_{CN} należy przeprowadzać zarówno dla burty prawej jak i lewej, a do oceny należy brać wartość średnią. Na obu burtach minimalna odległość powinna spełniać postanowienia paragrafu 5.3.4.5.

.8 W przypadku statków o konstrukcji kadłuba posiadającej większą odporność na zderzenia i/lub wejście na mieliznę, wymagania dotyczące umieszczenia zbiorników paliwowych, mogą być specjalnie rozpatrzone zgodnie z rozdz. 2.3.

5.3.5 W przypadku gdy paliwo przewożone jest w systemie bezpiecznego magazynowania paliwa wymagającym pełnej lub częściowej bariery drugiej:

.1 przestrzeń magazynowania paliwa powinny być oddzielone od wody morskiej dnem podwójnym; oraz

.2 statek powinien posiadać także gródź wzdłużną tworzącą zbiorniki burtowe.

5.4 Konceptje pomieszczenia maszynowego

5.4.1 W celu zminimalizowania prawdopodobieństwa wybuchu gazu w pomieszczeniach maszynowych, w których znajdują się urządzenia maszynowe zasilane gazem, może być zastosowana jedna z następujących koncepcji alternatywnych:

.1 Gazobezpieczne pomieszczenia maszynowe: zastosowane rozwiązania w pomieszczeniach maszynowych powodują, że są one uważane za gazobezpieczne we wszystkich warunkach, standardowych i niestandardowych, tzn za immanentnie gazobezpieczne.

W gazobezpiecznym pomieszczeniu maszynowym pojedyncza awaria nie może doprowadzić do uwolnienia paliwa gazowego do tej przestrzeni.

.2 Pomieszczenia maszynowe chronione za pomocą wyłączenia awaryjnego (ESD): zastosowane rozwiązania w pomieszczeniu maszynowym powodują, że przestrzeń te są uważane za bezpieczne w warunkach normalnych, ale w pewnych warunkach odbiegających od normy mogą stać się niebezpieczne. W warunkach odbiegających od normy obejmujących zagrożenie wyciekami gazu, powinno automatycznie zadziałać wyłączenie awaryjne (ESD) wyposażenia niebezpiecznego (źródeł zapłonu) oraz urządzeń maszynowych,

a wyposażenie lub urządzenia użytkowane lub czynne w tych warunkach powinny być certyfikowane jako bezpieczne.

W pomieszczeniach maszynowych chronionych poprzez wyłączenie awaryjne (ESD) pojedyncze uszkodzenie może doprowadzić do wycieku gazu do tej przestrzeni. System wentylacyjny powinien być zaprojektowany z wydajnością zapewniającą odprowadzenie maksymalnego prawdopodobnego wycieku gazu spowodowanego uszkodzeniami technicznymi.

W przypadku awarii prowadzących do niebezpiecznych stężeń gazu, takich jak pęknięcia rur gazowych lub rozerwanie uszczelki stosuje się urządzenia ograniczające ciśnienie wybuchowe oraz układy wyłączenia awaryjnego.

5.5 Wymagania dotyczące gazobezpiecznych pomieszczeń maszynowych

5.5.1 Pojedyncze uszkodzenie w obrębie instalacji paliwowej nie powinno prowadzić do wycieku gazu do pomieszczeń maszynowych.

5.5.2 Wszystkie rurociągi paliwowe w granicach pomieszczeń maszynowych powinny być zamknięte w gazoszczelnej obudowie, zgodnie z 9.6.

5.6 Wymagania dotyczące pomieszczeń maszynowych chronionych systemem wyłączenia awaryjnego (ESD)

5.6.1 Ochrona przy zastosowaniu systemu ESD powinna być ograniczona do pomieszczeń maszynowych, które są certyfikowane jako pomieszczenia z okresową obsługą bezwachtową.

5.6.2 Należy zastosować środki w celu zabezpieczenia przed wybuchem, uszkodzeniem obszarów znajdujących się poza pomieszczeniami maszynowymi oraz zapewnić redundancję zasilania energią. Należy wyposażyć statek co najmniej w następujące układy:

- .1 wykrywacz gazu;
- .2 zawór odcinający;
- .3 układy zapasowe; oraz
- .4 skuteczną wentylację.

5.6.3 Instalacja zasilania gazem w przestrzeni maszynowej nie wyposażona w gazoszczelną obudowę zewnętrzną może być zaakceptowana, pod następującymi warunkami:

.1 Silniki wytwarzające energię napędową oraz elektryczną powinny być umieszczone w dwu lub więcej pomieszczeniach maszynowych nie sąsiadujących ze sobą, chyba że można udokumentować, że pojedyncza awaria nie będzie miała wpływu na oba pomieszczenia.

.2 W pomieszczeniach urządzeń gazowych powinna znajdować się tylko minimalna ilość takiego niezbędnego wyposażenia, armatury oraz instalacji, jaka jest niezbędna do zachowania funkcji tych urządzeń.

.3 Należy zainstalować stałą instalację wykrywania gazu, zdolną do automatycznego odcinania zasilania gazowego oraz odłączania całego wyposażenia elektrycznego lub instalacji nie będących typu certyfikowanego jako bezpieczny.

5.6.4 Rozdział silników pomiędzy różne pomieszczenia maszynowe powinien zapewniać, że odłączenie zasilania paliwa do któregośkolwiek z pomieszczeń maszynowych nie doprowadzi do nieakceptowanej utraty mocy.

5.6.5 Pomieszczenia maszynowe chronione systemem awaryjnego wyłączenia (ESD) oddzielone pojedynczą grodzią powinny mieć wystarczającą wytrzymałość, aby być odporne na skutki miejscowego wybuchu gazu w jednym z tych pomieszczeń, bez naruszenia integralności pomieszczenia przyległego oraz znajdującego się w nim wyposażenia.

5.6.6 Pomieszczenia maszynowe zabezpieczone systemem awaryjnego wyłączenia (ESD) należy tak zaprojektować, aby ich kształt geometryczny pozwalał na zminimalizowanie akumulacji gazów lub tworzenia się kieszeni gazowych.

5.6.7 Instalacja wentylacyjna pomieszczeń maszynowych zabezpieczonych systemem awaryjnego wyłączenia (ESD) powinna być zgodna z wymaganiami 13.5.

5.7 Wymagania dotyczące usytuowania i ochrony rurociągów paliwowych.

5.7.1 Rurociągi paliwowe nie powinny znajdować się w odległości mniejszej niż 800 mm od burty statku.

5.7.2 Rurociągi paliwowe nie powinny być prowadzone bezpośrednio przez pomieszczenia mieszkalne, pomieszczenia obsługi, pomieszczenia w których znajduje się wyposażenie elektryczne lub posterunki dowodzenia, zgodne z określeniami w Konwencji SOLAS.

5.7.3 Rurociągi paliwowe prowadzone przez pomieszczenia ro-ro, pomieszczenia kategorii specjalnej oraz na pokładach otwartych powinny być zabezpieczone przed uszkodzeniami mechanicznymi.

5.7.4 Rurociągi paliwa gazowego w pomieszczeniach maszynowych zabezpieczonych systemem awaryjnego wyłączenia (ESD) należy umieszczać tak daleko na ile to możliwe od instalacji elektrycznych i zbiorników zawierających ciecze palne.

5.7.5 Rurociągi paliwa gazowego w pomieszczeniach maszynowych chronionych systemem wyłączenia awaryjnego (ESD) powinny być zabezpieczone przed uszkodzeniami mechanicznymi.

5.8 Wymagania dotyczące konstrukcji pomieszczenia do przygotowania paliwa.

Pomieszczenia do przygotowania paliwa, które nie są usytuowane i wyposażone zgodnie z przepisami tego kodeksu dotyczącymi przestrzeni przyłączeniowych zbiorników, powinny znajdować się na pokładzie otwartym.

5.9 Wymagania dotyczące instalacji zęzowych

5.9.1 Instalacje zęzowe w obszarach, w których może znajdować się paliwo objęte postanowieniami tego kodeksu, powinny być oddzielone od instalacji zęzowych pomieszczeń, w których takie paliwo nie może się znajdować.

5.9.2 W przypadku gdy paliwo transportowane jest w systemie bezpiecznego magazynowania paliwa wymagającym bariery drugiej, należy zastosować odpowiedni system usuwania przecieków paliwa do ładowni lub przestrzeni izolujących pozwalający na odprowadzenie takiego wycieku przez przyległe konstrukcje statku. Instalacja zęzowa nie powinna prowadzić do pomp znajdujących się w pomieszczeniach bezpiecznych. Należy zainstalować urządzenia do wykrywania takich wycieków.

5.9.3 Przestrzenie ładunkowe lub międzybarierowe zbiorników niezależnych typu A na gaz płynny powinny być wyposażone w system osuszający, odpowiedni do obsługi paliwa płynnego w przypadku wycieku ze zbiornika paliwowego lub jego uszkodzenia.

5.10 Wymagania dotyczące wanien ściekowych

5.10.1 Tam gdzie może wystąpić wyciek, który może powodować uszkodzenie konstrukcji statku lub gdzie niezbędne jest ograniczenie obszaru objętego wyciekami należy zainstalować wanny ściekowe.

5.10.2 Wanny ściekowe powinny być wykonane z odpowiedniego materiału.

5.10.3 Wanna ściekowa powinna być odizolowana termicznie od konstrukcji statku, tak aby otaczające elementy konstrukcji kadłuba lub pokładu nie były narażone na nieakceptowalne wychłodzenie w przypadku wycieku płynnego paliwa.

5.10.4 Każda wanna powinna być wyposażona w zawór spustowy w celu odprowadzenia wody deszczowej za burtę statku.

5.10.5 Każda wanna powinna mieć pojemność wystarczającą do przyjęcia maksymalnej ilości wycieku ustalonej zgodnie z analizą ryzyka.

5.11 Wymagania dotyczące rozmieszczenia wejść i innych otworów w pomieszczeniach zamkniętych.

5.11.1 Nie należy zezwalać na umieszczenie bezpośredniego przejścia z rejonu bezpiecznego do rejonu niebezpiecznego. W przypadku gdy takie przejścia są niezbędne ze względu na obsługę statku, należy zapewnić służę powietrzną spełniającą wymagania 5.12.

5.11.2 W przypadku gdy zatwierdzono usytuowanie pomieszczenia do przygotowania paliwa pod pokładem, pomieszczenie to powinno posiadać, na ile to możliwe, niezależne wejście bezpośrednio z pokładu otwartego. Jeśli osobne wejście z pokładu nie jest praktycznie możliwe, należy zainstalować służę powietrzną spełniającą wymagania 5.12.

5.11.3 Jeśli wejście do przestrzeni przyłączy zbiornika nie jest niezależne i bezpośrednio z pokładu otwartego, powinno mieć ono postać śrubowanego wjazdu. Pomieszczenie z takim śrubowanym wjazdem będzie klasyfikowane jako przestrzeń niebezpieczna.

5.11.4 W przypadku gdy dostęp do pomieszczenia maszynowego zabezpieczonego systemem awaryjnego wyłączenia (ESD) prowadzi z innej przestrzeni zamkniętej na statku, wejście powinno się odbywać przez służę powietrzną spełniającą wymagania 5.12.

5.11.5 Wejścia do przestrzeni napełnianych gazem obojętnym powinny być takie, aby zapobiegać niezamierzonemu wejściu do nich przez personel. W przypadku gdy wejście do takiej przestrzeni nie prowadzi z pokładu otwartego należy przewidzieć taką jej izolację, aby zapobiegała przenikaniu gazu obojętnego do przestrzeni przylegających.

5.12 Wymagania dotyczące szluz powietrznych

5.12.1 Szluz powietrzny jest pomieszczeniem zamkniętym gazoszczelnymi grodziami zaopatrzonymi w dwoje gazoszczelnych drzwi, między którymi odstęp wynosi co najmniej 1,5 m i nie więcej niż 2,5 m. Jeśli nie mają zastosowania wymagania Międzynarodowej konwencji o liniach ładunkowych, wysokość progu drzwi powinna wynosić nie mniej niż 300 mm. Drzwi powinny być samozamykające się i nie posiadać żadnych urządzeń przytrzymujących je w pozycji otwartej.

5.12.2 Szluzy powietrzne powinny być wentylowane mechanicznie przy utrzymaniu nadciśnienia względem przyległego rejonu lub przestrzeni niebezpiecznej.

5.12.3 Konstrukcja szluzy powietrznej powinna uniemożliwiać przenikanie gazu do przestrzeni bezpiecznych w najbardziej krytycznym przypadku zaistniałym w przestrzeni gazoniebezpiecznej oddzielonej taką szluzą. Przypadki takie należy poddać ocenie w analizie ryzyka zgodnie z 4.2.

5.12.4 Szluzy powietrzne powinny mieć prosty kształt geometryczny. Powinny one pozwalać na swobodne i łatwe przechodzenie i powinny mieć powierzchnię podłogi nie mniejszą od 1,5 m². Szluzy powietrzne nie powinny być używane do innych celów, np. jako pomieszczenia magazynowe.

5.12.5 Należy zainstalować sygnalizację alarmu dźwiękowego i wizualnego podającego ostrzeżenia z obu stron śluzy w przypadku, gdy więcej niż jedne drzwi nie będą w pozycji zamkniętej.

5.12.6 W przypadku pomieszczeń, które są klasyfikowane jako bezpieczne, a które posiadają dostęp z pomieszczeń niebezpiecznych pod pokładem, gdy dostęp ten zabezpieczony jest śluzą powietrzną, po utracie podciśnienia w pomieszczeniu niebezpiecznym należy ograniczyć dostęp do tego pomieszczenia do czasu wznowienia wentylacji. W pomieszczeniu obsadzonym wachtą powinny być podawane dźwiękowe i wizualne sygnały alarmowe zarówno o spadku ciśnienia, jak i otwarciu się drzwi śluzy po spadku ciśnienia.

5.12.7 Podstawowe wyposażenie bezpieczeństwa nie powinno być odłączane od zasilania i powinno być certyfikowane jako bezpieczne. Może ono obejmować instalacje oświetleniowe, wykrywania pożaru, system powiadamiania, system alarmu ogólnego.

6 SYSTEM BEZPIECZNEGO MAGAZYNOWANIA PALIWA

6.1 Cel

Celem tego rozdziału jest przedstawienie zasad właściwego magazynowania paliwa gazowego tak aby zminimalizować zagrożenia dla personelu, statku oraz środowiska do poziomu równoważnego temu, który jest właściwy dla statku zasilanego konwencjonalnym paliwem olejowym.

6.2 Wymagania funkcjonalne

Ten rozdział odnosi się do wymagań funkcjonalnych podanych w 3.2.1, 3.2.2, 3.2.5 oraz 3.2.8 do 3.2.17. W szczególności zastosowanie mają poniższe postanowienia:

.1 Konstrukcja systemu powinna być taka, aby wyciek ze zbiornika lub jego połączeń nie stanowił zagrożenia dla statku, osób na pokładzie lub środowiska. Do potencjalnych zagrożeń, których należy unikać należą:

- .1** ekspozycja materiałów statku na temperatury niższe od dopuszczalnych wartości;
- .2** rozlewy paliw palnych w miejscach, gdzie znajdują się źródła zapłonu;
- .3** potencjalna toksyczność oraz ryzyko niedoboru tlenu ze względu na obecność paliw i gazów obojętnych;
- .4** ograniczenie dostępu do miejsc zbiórek, dróg ewakuacji oraz urządzeń ratunkowych; oraz
- .5** zmniejszenie dostępności urządzeń ratunkowych.

.2 ciśnienie i temperatura w zbiorniku paliwowym powinny być utrzymywane w przedziale projektowym systemu bezpiecznego magazynowania paliwa i zgodnie z ewentualnymi wymaganiami dotyczącymi przewozu paliwa;

.3 konstrukcja układu magazynowania paliwa powinna zapobiegać nieakceptowalnej utracie mocy w wyniku działań bezpieczeństwa po wycieku gazu; oraz

.4 w przypadku gdy do magazynowania paliwa wykorzystuje się zbiorniki przenośne, konstrukcja systemu bezpiecznego magazynowania powinna być równoważna tej jaką posiadają zbiorniki stałe, jak opisano w tym rozdziale.

6.3 Wymagania ogólne

6.3.1 W przypadku magazynowania gazu ziemnego w stanie ciekłym maksymalna dopuszczalna wartość nastawy zaworu nadmiarowego (MARVS) może wynosić 1,0 MPa.

6.3.2 Maksymalne dopuszczalne ciśnienie robocze (MAWP) zbiornika na paliwo gazowe nie może przekroczyć 90% maksymalnej dopuszczalnej wartości nastawy zaworu nadmiarowego (MARVS).

6.3.3 System ochrony paliwa znajdujący się pod pokładem powinien być gazoszczelny na styku z przyległymi pomieszczeniami.

6.3.4 Wszystkie przyłącza, armatura, kołnierze i zawory zbiorników muszą znajdować się w gazoszczelnych przestrzeniach przyłączeniowych zbiorników, chyba że przyłącza zbiorników znajdują się na pokładzie otwartym. W przestrzeni tej powinno być możliwe bezpieczne zatrzymanie wycieku ze zbiornika i jego przyłączy.

6.3.5 Przyłącza rurowe do zbiornika magazynowania paliwa powinny być zamontowane powyżej najwyższego poziomu cieczy w zbiorniku, z wyjątkiem zbiorników magazynowania paliwa typu C. W przypadku innych typów zbiorników montaż przyłączy poniżej najwyższego poziomu cieczy może być jednak zaakceptowany po specjalnym rozpatrzeniu przez Administrację.

6.3.6 Charakterystyka bezpieczeństwa rurociągów znajdujących się pomiędzy zbiornikiem a pierwszym zaworem, przez który spuszczana jest ciecz w przypadku uszkodzenia rurociągu, powinna być równoważna tej, która dotyczy zbiornika typu C, a naprężenia dynamiczne nie powinny przekraczać wartości podanych w 6.4.15.3.1.2.

6.3.7 Temperatura projektowa materiału grodzi przestrzeni przyłączy zbiorników powinna odpowiadać najniższej temperaturze, jakiej ten materiał może być poddany przy prawdopodobnym scenariuszu maksymalnego wycieku. Konstrukcja przestrzeni przyłączeniowej zbiornika powinna wytrzymać maksymalne ciśnienie, które powstanie w czasie takiego wycieku. Alternatywnie, może być zapewnione odprowadzenie ciśnienia do miejsca bezpiecznego (maszt wentylacyjny).

6.3.8 Należy określić prawdopodobny maksymalny wyciek do przestrzeni przyłączeniowej zbiornika w oparciu o szczegóły projektu instalacji wykrywania i awaryjnego odłączenia.

6.3.9 W przypadku gdy rurociąg podłączony jest poniżej poziomu cieczy w zbiorniku powinien być on chroniony przez barierę drugą na odcinku do pierwszego zaworu.

6.3.10 W przypadku gdy zbiorniki skroplonego paliwa gazowego znajdują się na pokładzie otwartym, stalowe konstrukcje statku powinny być chronione przed potencjalnymi wyciekami z przyłączy zbiornika oraz z innych źródeł wycieku za pomocą wanien ściekowych. Projektowa temperatura materiału powinna odpowiadać temperaturze paliwa przewożonego przy ciśnieniu atmosferycznym. Rozpatrując ochronę stalowej konstrukcji statku należy wziąć pod uwagę normalne ciśnienie eksploatacyjne zbiorników.

6.3.11 Należy zapewnić środki pozwalające na bezpieczne opróżnienie zbiorników ze skroplonego gazu.

6.3.12 Powinno być możliwe opróżnienie, przedmuchanie i odgazowanie zbiorników paliwa z instalacją rurociągów paliwowych. Na statku muszą znajdować się instrukcje wykonywania tych procedur. Przed przewentylowaniem za pomocą suchego powietrza należy przeprowadzić napełnianie gazem obojętnym, tak aby uniknąć powstawania atmosfery wybuchowej w zbiornikach i rurociągach paliwowych. Patrz szczegółowe wymagania w 6.10.

6.4 Przepisy dotyczące bezpiecznego magazynowania skroplonego paliwa gazowego

6.4.1 Zagadnienia ogólne

6.4.1.1 Analiza ryzyka wymagana w 4.2 powinna uwzględniać ocenę systemu bezpiecznego magazynowania skroplonego paliwa gazowego znajdującej się na statku, której skutkiem

mogą być dodatkowe środki bezpieczeństwa, które należy uwzględnić w ramach całościowego projektu statku.

6.4.1.2 Projektowy okres użytkowania stałego systemu bezpiecznego magazynowania skroplonego paliwa gazowego nie powinien być krótszy niż projektowy okres użytkowania statku, lub 20 lat, przyjmując dłuższy okres.

6.4.1.3 Projektowy okres użytkowania zbiorników przenośnych nie powinien być krótszy niż 20 lat.

6.4.1.4 System bezpiecznego magazynowania skroplonego paliwa gazowego powinien być zaprojektowany z uwzględnieniem warunków środowiskowych Atlantyku Północnego oraz odpowiednich długoterminowych wykresów punktowych stanu morza dotyczących żeglugi nieograniczonej. Administracja może zaakceptować łagodniejsze warunki środowiskowe odpowiadające przewidywanym warunkom eksploatacyjnym, w przypadku systemu bezpiecznego magazynowania skroplonego paliwa gazowego stosowanego wyłącznie w żegludze ograniczonej. Większe wymagania co do warunków środowiskowych mogą dotyczyć systemów bezpiecznego magazynowania skroplonego paliwa gazowego eksploatowanych w cięższych warunkach niż na Atlantyku Północnym.^{7,8}

6.4.1.5 Projekt systemu bezpiecznego magazynowania skroplonego paliwa gazowego powinien zakładać odpowiednie marginesy bezpieczeństwa:

.1 tak aby wytrzymać w stanie bezawaryjnym warunki środowiskowe przewidywane w okresie użytkowania systemu oraz stany załadowania przewidywane w okresie eksploatacji, które powinny uwzględniać pełne jednorodne i częściowe stany załadowania oraz częściowe zapelnienie do poziomów pośrednich; oraz

.2 odpowiadające niepewnościom dotyczącym obciążeń, modelowania konstrukcji, zmęczenia, korozji, efektów cieplnych, zmienności materiałowej, starzenia się oraz tolerancji konstrukcyjnych.

6.4.1.6 Należy ocenić wytrzymałość konstrukcyjną systemu bezpiecznego magazynowania skroplonego paliwa gazowego w odniesieniu do różnych rodzajów uszkodzeń, z uwzględnieniem co najmniej deformacji plastycznej, wybożenia i zmęczenia materiału. W 6.4.15 podano specyficzne warunki konstrukcyjne, które należy uwzględnić przy projektowaniu systemu bezpiecznego magazynowania skroplonego paliwa gazowego. Istnieją trzy podstawowe kategorie związane z warunkami projektowymi:

.1 wymiarujące warunki projektowe – konstrukcja i elementy konstrukcyjne systemu ochrony skroplonego paliwa gazowego powinny wytrzymać obciążenia, które mogą wystąpić w czasie ich budowy, prób oraz przewidywanej eksploatacji, bez utraty integralności. Projekt konstrukcyjny powinien uwzględniać odpowiednie kombinacje następujących obciążeń:

- .1 ciśnienie wewnętrzne;
- .2 ciśnienie zewnętrzne;
- .3 obciążenia dynamiczne spowodowane ruchami statku we wszystkich stanach załadowania;
- .4 obciążenia termiczne;
- .5 obciążenia od sloshingu ;

⁷ Patrz IACS Rec.034

⁸ Warunki środowiskowe Atlantyku Północnego odnoszą się do warunków falowania. Założone temperatury stosowane są do określania odpowiednich cech jakościowych materiału w odniesieniu do temperatur projektowych i nie jest to przedmiotem paragrafu 6.4.1.4.

- .6 obciążenia pochodzące od ugięcia konstrukcji statku;
- .7 waga zbiornika oraz skroplonego paliwa oraz odpowiadająca reakcja w rejonie podpór;
- .8 waga izolacji;
- .9 obciążenia w rejonie kolumn i innych zamocowań; oraz
- .10 obciążenia próbne.

.2 Warunki projektowe dotyczące wytrzymałości zmęczeniowej – konstrukcja i elementy systemu bezpiecznego magazynowania skroplonego paliwa gazowego nie powinny ulec uszkodzeniu pod zakumulowanym cyklicznym obciążeniem.

.3 Warunki projektowe dotyczące sytuacji awaryjnej – system bezpiecznego magazynowania skroplonego paliwa gazowego powinien spełniać wszystkie z poniższych warunków projektowych dotyczących sytuacji awaryjnej (awarie lub zdarzenia odbiegające od normy), które zostały wymienione w niniejszym kodeksie:

- .1 Zderzenie – System bezpiecznego magazynowania skroplonego paliwa gazowego powinien wytrzymać obciążenia związane ze zderzeniem podane w 6.4.9.5.1, na które mogą być narażone zbiornik i jego konstrukcja podpierająca, bez zniekształcenia podpór lub konstrukcji zbiornika w rejonie podpór.
- .2 Pożar – System bezpiecznego magazynowania skroplonego paliwa gazowego powinien wytrzymać bez rozerwania wzrost ciśnienia wewnętrznego podany w 6.7.3.1, związany ze wspomnianymi w tym punkcie scenariuszami pożarowymi.
- .3 Zalany przedział powodujący wyporność zbiornika – rozwiązanie zamocowania zbiornika powinno być na tyle efektywne aby wytrzymać siłę wyporu skierowaną do góry, podaną w 6.4.9.5.2 i nie powinny występować niebezpieczne plastyczne deformacje kadłuba. Deformacja plastyczna może wystąpić w systemie bezpiecznego magazynowania paliwa, jeśli nie zagraża ona bezpiecznej ewakuacji statku.

6.4.1.7 Należy zastosować środki zapewniające, że wymagane wymiary spełniają postanowienia dotyczące wytrzymałości konstrukcyjnej i są one utrzymywane przez cały projektowy okres użytkowania statku. Środki te mogą obejmować co najmniej dobór materiałów, nałożenie powłok, naddatki korozyjne, ochronę katodową i napełnianie gazem obojętnym.

6.4.1.8 Należy opracować plan inspekcji/przeглядów systemu bezpiecznego magazynowania skroplonego paliwa gazowego. Plan ten powinien być zatwierdzony przez Administrację. Plan powinien identyfikować aspekty, które mają być poddane badaniu i/lub walidacji podczas przeglądów w okresie użytkowania instalacji oraz, w szczególności, wszelkie niezbędne przeglądy w czasie eksploatacji, konserwacje i próby, które zostały przyjęte podczas doboru parametrów konstrukcyjnych systemu bezpiecznego magazynowania paliwa. Plan inspekcji/przeглядów może uwzględniać określone ważne miejsca, zgodnie z 6.4.12.2.8 lub 6.4.12.2.9.

6.4.1.9 Systemy bezpiecznego magazynowania skroplonego paliwa gazowego powinny być projektowane, budowane i wyposażane tak, aby zapewnione były odpowiednie środki dostępu do obszarów wymagających inspekcji wg planu inspekcji/przeглядów. Systemy bezpiecznego magazynowania skroplonego paliwa gazowego, włącznie z całym związanym wyposażeniem wewnętrznym, powinny być zaprojektowane i zbudowane tak, aby zapewnione było bezpieczeństwo podczas eksploatacji, inspekcji i konserwacji.

6.4.2 Zasady bezpieczeństwa dotyczące magazynowania skroplonego paliwa gazowego.

6.4.2.1 Systemy bezpiecznego magazynowania skroplonego paliwa gazowego powinny być wyposażone w pełną drugą płynoszczelną barierę, która zdolna jest do bezpiecznego zatrzymania wszystkich potencjalnych wycieków przez barierę pierwszą i, w połączeniu z systemem termoizolacji, do zapobiegania obniżaniu temperatury elementów konstrukcji statku poniżej bezpiecznego poziomu.

6.4.2.2 Rozmiar i konfiguracja lub układ bariery drugiej mogą być zredukowane lub pominięte, tam gdzie można wykazać równoważny poziom bezpieczeństwa zgodnie z mającymi zastosowanie paragrafami 6.4.2.3 do 6.4.2.5.

6.4.2.3 Systemy bezpiecznego magazynowania skroplonego paliwa gazowego, dla których prawdopodobieństwo rozwijania się wad konstrukcyjnych do stanu krytycznego określono jako ekstremalnie niskie, ale gdzie możliwość wycieku przez barierę pierwszą nie może być wykluczona, powinny być wyposażone w częściową barierę drugą oraz system ochrony przed małymi wyciekami zdolne do bezpiecznego zatrzymywania i usuwania wycieków (stan krytyczny oznacza, że pęknięcie rozwija się do stanu zagrażającego stabilności).

Rozwiązania te powinny uwzględniać następujące warunki:

.1 czas od chwili powstania uszkodzenia do osiągnięcia przez nie stanu krytycznego powinien być wystarczająco długi, aby uszkodzenie takie mogło być skutecznie wykryte przed rozwinięciem się do stanu krytycznego (np. poprzez wykrycie gazu lub inspekcję) i aby podjęte zostały działania interwencyjne; oraz

.2 uszkodzenie, które nie może być bezpiecznie wykryte przed osiągnięciem przez nie stanu krytycznego, powinno mieć przewidywany czas rozwoju, znacznie dłuższy od przewidywanego okresu użytkowania zbiornika.

6.4.2.4 Bariera druga nie jest wymagana w przypadku systemu bezpiecznego magazynowania skroplonego paliwa gazowego, np. zbiorników niezależnych typu C, dla którego prawdopodobieństwo wad konstrukcyjnych i wycieków przez barierę pierwszą jest ekstremalnie niskie i może być pominięte.

6.4.2.5 Zbiorniki niezależne wymagające pełnej lub częściowej bariery drugiej powinny być wyposażone w urządzenia do bezpiecznego usuwania wycieków ze zbiornika.

6.4.3 Bariery drugie w odniesieniu do typów zbiorników

Wymagania dotyczące instalowania barier drugich w odniesieniu do typów zbiorników określonych w 6.4.15 przedstawiono w poniższej tabeli.

Podstawowy typ zbiornika	Wymagania dotyczące bariery drugiej
Membranowy	Pełna bariera druga
Niezależny	
Typ A	Pełna bariera druga
Typ B	Częściowa bariera druga
Typ C	Bariera druga nie jest wymagana

6.4.4 Konstrukcja barier drugich

Konstrukcja barier drugich, włącznie z ekranem przeciwbryzgowym, jeśli został zainstalowany, powinna być taka aby:

- .1 były one zdolne zatrzymać każdy przewidziany wyciek skroplonego paliwa gazowego przez okres 15 dni, jeśli dla określonych podróży nie zostały zastosowane inne kryteria, przy uwzględnieniu całego zakresu obciążeń podany w 6.4.12.2.6;
- .2 zdarzenia natury fizycznej, mechanicznej lub eksploatacyjnej w obrębie zbiornika skroplonego paliwa gazowego, które mogą powodować uszkodzenia bariery pierwszej nie miały negatywnego wpływu na właściwe funkcjonowanie barier drugich, lub na odwrót;
- .3 uszkodzenie podpory lub mocowania do konstrukcji kadłuba nie prowadziło do utraty płynoszczelności zarówno barier pierwszych jak i drugich;
- .4 można było je sprawdzać okresowo ze względu na ich skuteczność poprzez oględziny lub inne odpowiednie środki uznane przez Administrację;
- .5 metody wymagane w 6.4.4.4 powinny być zatwierdzone przez Administrację i powinny obejmować co najmniej:
 - .1 szczegóły dotyczące akceptowalnych rozmiarów i miejsca powstałego uszkodzenia w obrębie bariery drugiej przed pogorszeniem się jej skutecznej szczelności na ciecze;
 - .2 dokładność i zakres wartości proponowanej metody wykrywania uszkodzeń, o których mowa w .1 powyżej;
 - .3 współczynniki skalowania, które mają być zastosowane przy określaniu kryteriów akceptacji, w przypadku gdy nie są przeprowadzane próby modelowe w pełnej skali; oraz
 - .4 wpływ cyklicznego działania obciążenia termalnego i mechanicznego na skuteczność proponowanych prób.
- .6 bariera druga powinna spełniać swoje wymagania funkcjonalne przy statycznym kącie przechyłu 30°.

6.4.5 System ochrony przed małymi wyciekami przez częściowe bariery drugie i bariery pierwsze

6.4.5.1 Częściowa bariera druga, gdy jest dozwolona zgodnie z 6.4.2.3, powinna być stosowana w połączeniu z systemem ochrony przed małymi wyciekami i spełniać wszystkie postanowienia 6.4.4.

System ochrony przed małymi wyciekami powinien uwzględniać środki wykrywania wycieku w barierze pierwszej, instalację taką jak ekran przeciwbryzgowy służący do kierowania strumienia skroplonego paliwa gazowego w stronę częściowej bariery drugiej oraz środki do usuwania cieczy, które mogą uwzględniać naturalne odparowanie.

6.4.5.2 Wydajność częściowej drugiej bariery określa się, w oparciu o wielkość wycieku skroplonego paliwa gazowego odpowiadającego zakresowi uszkodzeń będących wynikiem obciążeń w zakresie podanym w 6.4.12.2.6, po tym jak wstępnie wykryto przeciek przez pierwszą barierę. Można także odpowiednio uwzględnić parowanie cieczy, szybkość wycieku, wydajność pomp oraz inne właściwe czynniki.

6.4.5.3 Wymagane wykrywanie wycieków cieczy może być prowadzone przez wykorzystanie czujników cieczy lub poprzez skuteczne użycie systemów czujników ciśnienia, temperatury lub gazu lub ich kombinacji.

6.4.5.4 W przypadku zbiorników niezależnych, które mają taki geometryczny kształt, który nie sprzyja powstawaniu miejsc gromadzenia się wycieków, częściowa bariera druga powinna także spełniać swe wymagania funkcjonalne przy nominalnym statycznym kącie przegłębienia.

6.4.6 Konstrukcje podpierające

6.4.6.1 Zbiorniki skroplonego paliwa gazowego powinny być podparte konstrukcją kadłuba tak, aby nie był możliwy ruch korpusu zbiornika w warunkach obciążeń statycznych i dynamicznych określonych w 6.4.9.2 do 6.4.9.5, tam gdzie ma to zastosowanie, przy czym powinno być możliwe kurczenie się i rozszerzanie zbiornika wywołane zmianami temperatury oraz odkształcanie kadłuba, bez powodowania niepożądanych naprężeń konstrukcji zbiornika i kadłuba.

6.4.6.2 Zbiorniki niezależne należy wyposażyć w środki niwelujące działanie siły wyporu zdolne wytrzymać obciążenia określone w 6.4.9.5.2 bez powodowania odkształceń plastycznych, które mogą zagrozić konstrukcji kadłuba.

6.4.6.3 Podpory i konstrukcje podpierające powinny wytrzymać obciążenia określone w 6.4.9.3.3.8 oraz 6.4.9.5, które nie muszą być jednak uwzględniane równocześnie ani w połączeniu z obciążeniami pochodzącymi od ruchu fal.

6.4.7 Związane elementy konstrukcji i wyposażenia

6.4.7.1 Systemy bezpiecznego magazynowania skroplonego paliwa gazowego powinny być zaprojektowane tak aby wytrzymać obciążenia pochodzące od związanych elementów konstrukcji i wyposażenia. Obejmuje to kolumny pomp, kopuły skroplonego paliwa gazowego, pompy i rurociągi skroplonego paliwa gazowego, pompy i rurociągi resztkowe, rurociągi azotu, włazy wejściowe, drabiny, przejścia rurociągów, mierniki poziomu cieczy, niezależne mierniki sygnalizacji alarmowej poziomu cieczy, dysze spryskiwaczy oraz instalacje przyrządów (takich jak mierniki ciśnienia, temperatury i naprężenia)

6.4.8 Izolacja termiczna

6.4.8.1 Należy zapewnić izolację termiczną wymaganą do ochrony kadłuba przed temperaturami poniżej dopuszczalnych (patrz 6.4.13.1.1) i do ograniczenia przepływu ciepła do zbiornika do poziomu, który może być utrzymany poprzez system kontroli ciśnienia i temperatury, opisany w 6.9.

6.4.9 Obciążenia projektowe

6.4.9.1 Zagadnienia ogólne

6.4.9.1.1 Ten rozdział definiuje obciążenia projektowe, które powinny być rozpatrywane ze względu na postanowienia 6.4.10 do 6.4.12, z uwzględnieniem kategorii obciążeń (stałe, robocze, środowiskowe i awaryjne) oraz ich opisu.

6.4.9.1.2 Zakres rozpatrywania tych obciążeń zależy od typu zbiornika i jest bardziej szczegółowo opisany w kolejnych paragrafach.

6.4.9.1.3 Zbiorniki, włącznie z ich konstrukcją podpierającą i innymi elementami armatury, powinny być tak zaprojektowane aby uwzględniać odpowiednie kombinacje niżej opisanych obciążeń.

6.4.9.2 Obciążenia stałe

6.4.9.2.1 Obciążenia grawitacyjne

Należy uwzględnić ciężar zbiornika, izolacji termicznej, obciążenia spowodowane kolumnami oraz innymi elementami.

6.4.9.2.2 Stałe obciążenia zewnętrzne

Należy uwzględnić obciążenia od ciężaru konstrukcji i wyposażenia działające zewnętrznie na zbiornik.

6.4.9.3 Obciążenia robocze

6.4.9.3.1 Obciążenia powstałe wskutek eksploatacji systemu zbiorników powinny być określone jako obciążenia robocze.

6.4.9.3.2 Należy uwzględnić wszystkie obciążenia robocze, które są istotne z punktu widzenia integralności systemu zbiorników, dla wszystkich warunków projektowych.

6.4.9.3.3 Przy ustalaniu obciążeń roboczych należy rozpatrywać co najmniej skutki związane z poniższymi kryteriami, na ile ma to zastosowanie:

- (a) ciśnienie wewnętrzne
- (b) ciśnienie zewnętrzne
- (c) obciążenia wywołane termicznie
- (d) drgania
- (e) obciążenia związane z wzajemnym oddziaływaniem
- (f) obciążenia związane z budową oraz instalowaniem wyposażenia
- (g) obciążenia próbne
- (h) obciążenia od przechyłu statycznego
- (i) ciężar skroplonego paliwa gazowego
- (j) ruchy ładunku (sloshing)
- (k) wpływ wiatru, falowania oraz wody na pokładzie na zbiorniki zainstalowane na pokładzie otwartym.

6.4.9.3.3.1 Ciśnienie wewnętrzne

.1 W każdym przypadku, włącznie z 6.4.9.3.3.1.2, P_0 nie może być mniejsze od maksymalnej dopuszczalnej wartości nastawy zaworu nadmiarowego (MARVS).

.2 W przypadku zbiorników skroplonego paliwa gazowego nie posiadających kontroli temperatury i gdzie ciśnienie skroplonego paliwa gazowego zależy jedynie od temperatury otoczenia, wartość P_0 nie może być mniejsza od ciśnienia manometrycznego par skroplonego paliwa w temperaturze 45°C, z wyjątkiem następujących przypadków:

.1 niższe wartości temperatury otoczenia mogą być zaakceptowane przez Administrację dla statków eksploatowanych w rejonach ograniczonych. W niektórych przypadkach mogą być wymagane wyższe wartości temperatury otoczenia.

.2 W przypadku statków odbywających podróże o ograniczonym czasie trwania P_0 może być obliczane w oparciu o rzeczywisty wzrost ciśnienia podczas podróży, przy czym może być uwzględniona izolacja termiczna zbiornika.

.3 Pod warunkiem specjalnego rozpatrzenia przez Administrację i przy ograniczeniach podanych w 6.4.15 dla różnych typów zbiorników, w przypadku specyficznych warunków lokalnych (port i inne miejsca), gdzie zredukowane są obciążenia dynamiczne, może być zaakceptowane ciśnienie par P_h większe niż P_0 .

.4 Ciśnieniem zastosowanym do określenia ciśnienia wewnętrznego powinno być:

.1 $(P_{gd})_{max}$, które jest związanym ciśnieniem cieczy określanym na podstawie maksymalnych przyspieszeń projektowych.

.2 $(P_{gd\ site})_{max}$, które jest związanym ciśnieniem cieczy określanym na podstawie specyficznych przyspieszeń miejsca.

.3 P_{eq} powinno być większą z wartości P_{eq1} oraz P_{eq2} obliczanych w sposób następujący:

$$P_{eq1} = P_0 + (P_{gd})_{max} \text{ (MPa),}$$

$$P_{eq2} = P_i + (P_{gd\ site})_{max} \text{ (MPa)}.$$

.5 Ciśnieniami wewnętrznymi zbiornika są te, które są tworzone przez przyspieszenia wynikowe środka ciężkości skroplonego paliwa gazowego wywołane ruchami statku podanymi w 6.4.9.4.1.1. Wartość wewnętrznego ciśnienia cieczy P_{gd} wynikającego z łącznych działań siły ciężkości i przyspieszeń dynamicznych powinna być obliczana w sposób następujący:

$$P_{gd} = \alpha_{\beta} Z_{\beta} (\rho / (1,02 \times 10^5)) \text{ (MPa)}$$

gdzie:

α_{β} = bezwymiarowe przyspieszenie (tj. pochodne do przyspieszenia ziemskiego), wynikające z obciążeń grawitacyjnych i dynamicznych, w dowolnym kierunku β ; (patrz Rys. 6.4.1).

W przypadku dużych zbiorników, należy zastosować elipsoidę przyspieszenia z uwzględnieniem poprzecznych pionowych i wzdłużnych przyspieszeń.

Z_{β} = największy poziom cieczy (m) powyżej punktu, w którym ma być określane ciśnienie mierząc od ściany zbiornika w kierunku β (patrz Rys. 6.4.2).

Przy określaniu Z_{β} powinny być brane pod uwagę kopuły zbiorników uważane za część zaakceptowanej całkowitej objętości zbiornika, chyba że całkowita objętość kopuł V_d nie przekracza następującej wartości:

$$V_d = V_t ((100 - FL) / FL)$$

gdzie:

V_t = objętość zbiornika bez kopuł; oraz

FL = granica napełniania, wg. 6.8.

ρ = maksymalna gęstość skroplonego paliwa gazowego (kg/m^3) przy temperaturze projektowej.

Należy rozpatrzyć kierunek, który daje największą wartość $(P_{gd})_{max}$ lub $(P_{gd\ site})_{max}$.

W przypadku gdy należy rozpatrywać składowe przyspieszenia w trzech kierunkach, stosuje się elipsoidę zamiast elipsy na Rys. 6.4.1. Powyższy wzór dotyczy tylko zbiorników pełnych.

Na śródkręciu

0,05 L od PD

α_{β} = przyspieszenie wynikowe (statyczne lub dynamiczne) w wybranym kierunku β

α_x = wzdłużna składowa przyspieszenia

α_y = poprzeczna składowa przyspieszenia

α_z = pionowa składowa przyspieszenia (patrz 6.4.9.4.1.1)

Rys. 6.4.1 – Elipsoida przyspieszenia

Pressure point – punkt przyłożenia ciśnienia

Rys. 6.4.2 – Określanie wysokości wewnętrznych ciśnień

6.4.9.3.3.2 Ciśnienie zewnętrzne

Obciążenie od zewnętrznego ciśnienia projektowego powinno być określone na podstawie różnicy między minimalnym ciśnieniem wewnętrznym a maksymalnym ciśnieniem zewnętrznym jakim może być poddana jednocześnie każda część zbiornika.

6.4.9.3.3.3 Obciążenia termiczne

6.4.9.3.3.3.1 Przejściowe obciążenia termiczne w czasie okresów schładzania powinny być uwzględniane w przypadku zbiorników przeznaczonych do skroplonego paliwa gazowego o temperaturze poniżej -55°C .

6.4.9.3.3.3.2 Ustalone obciążenia termiczne powinny być rozpatrywane w przypadku systemu bezpiecznego magazynowania skroplonego paliwa gazowego, gdy projektowe elementy podpierające lub mocujące oraz temperatura eksploatacyjna mogą wywoływać znaczne naprężenia termiczne (patrz paragraf 6.9.2).

6.4.9.3.3.4 Drgania

Należy uwzględniać potencjalnie szkodliwe oddziaływania drgań na system bezpiecznego magazynowania skroplonego paliwa gazowego.

6.4.9.3.3.5 Obciążenia od wzajemnych oddziaływań

Należy uwzględniać statyczne składowe obciążeń wynikających z wzajemnych oddziaływań pomiędzy systemem bezpiecznego magazynowania skroplonego paliwa gazowego a konstrukcją kadłuba, oraz obciążeń od powiązanych elementów konstrukcji i wyposażenia.

6.4.9.3.3.6 Obciążenia związane z budową oraz instalowaniem

Należy uwzględniać obciążenia lub warunki związane z budową oraz instalowaniem, np. wywołane operacjami urządzeń dźwigowych.

6.4.9.3.3.7 Obciążenia związane z próbami

Należy uwzględniać obciążenia związane z próbami systemu ochrony skroplonego paliwa gazowego, podanymi w 16.5.

6.4.9.3.3.8 Obciążenia od przechyłu statycznego

Należy uwzględniać obciążenia związane z najbardziej niekorzystnym przechyłem statycznym w zakresie kątów 0° to 30° .

6.4.9.3.3.9 Inne obciążenia

Należy uwzględniać inne nie wymienione obciążenia, które mogą oddziaływać na system ochrony skroplonego paliwa gazowego.

6.4.9.4 Obciążenia środowiskowe

6.4.9.4.1 Obciążenia środowiskowe są to obciążenia systemu ochrony skroplonego paliwa gazowego, które są wywołane przez warunki otoczenia i które nie są inaczej klasyfikowane jako obciążenia stałe, robocze lub awaryjne

6.4.9.4.1.1 Obciążenia związane z ruchem statku

Przy określaniu obciążeń dynamicznych należy uwzględniać długookresowy rozkład ruchów statku na fali nieregularnej, których statek doświadczy w okresie swojej eksploatacji. Można uwzględniać zmniejszenie obciążeń dynamicznych ze względu na konieczne zmniejszenie prędkości oraz zmiany kierunku. Ruchy statku powinny obejmować oscylację wzdłużną, oscylację poprzeczną, nurzanie, kiwanie, myszkowanie i kołysanie. Należy oszacować

przyspieszenia działające na zbiorniki w ich środku ciężkości, które powinny one obejmować następujące składniki:

- .1 przyspieszenie pionowe: przyspieszenia ruchu statku związane z nurzaniem, kiwaniem i ewentualnie kołysaniem (prostopadłe do płaszczyzny podstawowej statku);
- .2 przyspieszenie poprzeczne: przyspieszenia ruchu statku związane z oscylacją poprzeczną, myszkowaniem oraz kołysaniem oraz składową grawitacyjną kołysania; oraz
- .3 przyspieszenie wzdłużne: przyspieszenia ruchu statku związane z oscylacją wzdłużną i kiwaniem oraz składową grawitacyjną kiwania.

Metody prognozowania przyspieszeń związanych z ruchami statku powinny być zaproponowane i zatwierdzone przez Administrację⁹.

Statki w żegludze ograniczonej mogą podlegać specjalnemu rozpatrzeniu.

6.4.9.4.1.2 Dynamiczne obciążenia wzajemne

Należy uwzględnić dynamiczną składową obciążeń wynikających z wzajemnego oddziaływania systemu bezpiecznego magazynowania skroplonego paliwa gazowego oraz konstrukcji kadłuba, włącznie z obciążeniami od powiązanych elementów konstrukcji i wyposażenia.

6.4.9.4.1.3 Obciążenia od sloshingu

Obciążenia od sloshingu działające na system bezpiecznego magazynowania skroplonego paliwa gazowego i na elementy wewnętrzne powinny być analizowane dla pełnego zakresu zamierzonych poziomów napełniania zbiornika.

6.4.9.4.1.4 Obciążenia od śniegu i lodu

Należy uwzględnić ciężar śniegu i lodu na statku, jeśli ma to zastosowanie.

6.4.9.4.1.5 Obciążenia ze względu na żeglugę w lodach

Należy uwzględnić obciążenia związane z żeglugą w lodach w przypadku statków przeznaczonych do takiej eksploatacji.

6.4.9.4.1.6 Obciążenie od wody morskiej na pokładzie

Należy uwzględnić obciążenia związane z efektem zalewania pokładu wodą morską.

6.4.9.4.1.7 Obciążenia od wiatru

Należy uwzględnić obciążenia generowane przez wiatr, na ile to właściwe.

6.4.9.5 Obciążenia awaryjne

Obciążenia awaryjne określone są jako te, którym poddany jest system bezpiecznego magazynowania skroplonego paliwa gazowego i jego konstrukcje podpierające w warunkach odbiegających od normy i nieplanowanych.

6.4.9.5.1 Obciążenia zderzeniowe

Obciążenie zderzeniowe powinno być określone w oparciu o stan pełnego załadowania systemu bezpiecznego magazynowania paliwa, przy sile bezwładności odpowiadającej wartości a w poniższej tabeli w kierunku dziobu oraz wartości " $a/2$ " w kierunku rufy, gdzie g jest przyspieszeniem ziemskim.

⁹ Patrz rozdz. 4.28.2.1 Kodeksu IGC w odniesieniu do wzorów na składowe przyspieszenia

Długość statku (L)	Przyspieszenie projektowe (a)
$L > 100$ m	0,5 g
$60 < L \leq 100$ m	$(2 - 3(L - 60)/80)g$
$L \leq 60$ m	2g

Szczególnemu rozpatrzeniu należy poddać statki o liczbie Froude'a (Fn) $> 0,4$.

6.4.9.5.2 Obciążenia związane z zalaniem statku

W przypadku zbiorników niezależnych, obciążenia spowodowane siłą wypornościową w pełni zanurzonego pustego zbiornika należy uwzględnić w projekcie zamocowania zbiornika oraz konstrukcji podpierającej zarówno przyległej konstrukcji kadłuba jak i zbiornika.

6.4.10 Integralność konstrukcyjna

6.4.10.1 Zagadnienia ogólne

6.4.10.1.1 Projekt konstrukcyjny powinien zakładać, że zbiorniki mają odpowiednią wytrzymałość na dane obciążenia przy zachowaniu odpowiedniego marginesu bezpieczeństwa. Uwzględniona powinna być możliwość odkształceń plastycznych, wyboczeń, zmęczenia oraz utraty płyno- i gazoszczelności.

6.4.10.1.2 Integralność konstrukcyjna systemu bezpiecznego magazynowania skroplonego paliwa gazowego może być wykazana poprzez spełnienie wymagań 6.4.15, odpowiednio do typu takiego systemu.

6.4.10.1.3 W przypadku innych typów systemu bezpiecznego magazynowania skroplonego paliwa gazowego, które mają nowatorską konstrukcję lub różnią się znacznie od tych, które objęte są paragrafem 6.4.15, integralność konstrukcyjna powinna być wykazana poprzez zgodność z 6.4.16.

6.4.11 Analiza konstrukcji

6.4.11.1 Analiza

6.4.11.1.1 Analizy projektowe powinny opierać się na przyjętych zasadach statyki, dynamiki oraz wytrzymałości materiałów.

6.4.11.1.2 Do obliczania skutków obciążeń można stosować uproszczone metody lub analizy jeśli dają one wyniki po bezpiecznej stronie. Próby modelowe można stosować w połączeniu z obliczeniami teoretycznymi lub zamiast nich. W przypadku gdy metody teoretyczne są nieodpowiednie, mogą być wymagane próby modelowe lub próby w pełnej skali.

6.4.11.1.3 Przy określaniu odpowiedzi konstrukcji na obciążenia dynamiczne należy uwzględniać skutki dynamiczne, jeśli mogą one mieć wpływ na integralność konstrukcyjną.

6.4.11.2 Scenariusze obciążeń

6.4.11.2.1 Dla każdego rozpatrywanego punktu lub części systemu bezpiecznego magazynowania skroplonego paliwa gazowego oraz dla każdego możliwego trybu awarii poddawanego analizie, należy uwzględnić wszystkie właściwe kombinacje obciążeń, które mogą działać jednocześnie.

6.4.11.2.2 Należy uwzględnić najbardziej niekorzystne scenariusze dla wszystkich odpowiednich etapów budowy, transportu, prób oraz eksploatacji.

6.4.11.2.3 W przypadku osobnego obliczania naprężeń statycznych i dynamicznych i jeśli inne metody obliczeń nie są uzasadnione, naprężenia całkowite powinny być obliczane zgodnie z poniższymi wzorami:

$$\sigma_x = \sigma_{x.st} \pm \sqrt{\sum (\sigma_{x.dyn})^2}$$

$$\sigma_y = \sigma_{y.st} \pm \sqrt{\sum (\sigma_{y.dyn})^2}$$

$$\sigma_z = \sigma_{z.st} \pm \sqrt{\sum (\sigma_{z.dyn})^2}$$

$$\tau_{xy} = \tau_{xy.st} \pm \sqrt{\sum (\tau_{xy.dyn})^2}$$

$$\tau_{xz} = \tau_{xz.st} \pm \sqrt{\sum (\tau_{xz.dyn})^2}$$

$$\tau_{yz} = \tau_{yz.st} \pm \sqrt{\sum (\tau_{yz.dyn})^2}$$

gdzie

$\sigma_{x.st}$, $\sigma_{y.st}$, $\sigma_{z.st}$, $\tau_{xy.st}$, $\tau_{xz.st}$ oraz $\tau_{yz.st}$ są naprężeniami statycznymi, a

$\sigma_{x.dyn}$, $\sigma_{y.dyn}$, $\sigma_{z.dyn}$, $\tau_{xy.dyn}$, $\tau_{xz.dyn}$ oraz $\tau_{yz.dyn}$ są naprężeniami dynamicznymi.

Każde z nich powinno być obliczone osobno przy użyciu składowych przyspieszenia oraz składowych naprężenia kadłuba wywołanych ugięciem i skręcaniem.

6.4.12 Założenia projektowe

W projekcie należy uwzględnić wszystkie odpowiednie tryby awarii dla wszystkich odpowiednich scenariuszy obciążeń i założeń projektowych. Założenia projektowe podano we wcześniejszej części tego rozdziału, a scenariusze obciążeń zostały podane w 6.4.11.2.

6.4.12.1 Wymiarujące warunki projektowe

6.4.12.1.1 Wytrzymałość konstrukcyjna może być obliczona na podstawie prób lub analizy, z uwzględnieniem zarówno własności sprężystych jak i plastycznych materiału, poprzez uproszczoną liniową analizę sprężystości lub stosując postanowienia niniejszego kodeksu:

.1 Należy uwzględnić odkształcenia plastyczne i wyboczenia.

.2 Analiza powinna być oparta na charakterystycznych wartościach obciążeń, jak poniżej:

Obciążenia stałe	wartości przewidywane
Obciążenia robocze	wartości określone
Obciążenia środowiskowe	w przypadku obciążeń od falowania: najbardziej prawdopodobne największe obciążenie w okresie 10^8 zderzeń z falą.

.3 W celu oceny wytrzymałości krańcowej zastosowanie mają następujące parametry materiału:

.1 R_e = określona minimalna granica plastyczności w temperaturze pokojowej (N/mm^2). W przypadku gdy krzywa statycznego rozciągania nie wykazuje określonej granicy plastyczności, zastosowanie ma granica plastyczności przy odkształceniu 0,2%.

.2 R_m = określona minimalna wytrzymałość na rozciąganie w temperaturze pokojowej (N/mm^2).

W przypadku połączeń spawanych, gdy nie można uniknąć spoin które nie zapewniają poziomu wytrzymałości materiału podstawowego, tak jak przy niektórych stopach aluminium, powinny być zastosowane odpowiednie wartości R_e oraz R_m spoin, po zastosowaniu obróbki cieplnej. W takich przypadkach

wytrzymałość na poprzeczne rozciąganie spoiny nie powinna być mniejsza od rzeczywistej granicy plastyczności metalu podstawowego. Jeśli nie można tego uzyskać, konstrukcje spawane wyprodukowane z takich materiałów nie powinny być włączane do systemu bezpiecznego magazynowania skroplonego paliwa gazowego.

Powyższe właściwości powinny odpowiadać minimalnym określonym mechanicznym właściwościom materiału, z uwzględnieniem połączenia spawanego. Pod warunkiem specjalnego rozpatrzenia przez Administrację można uwzględnić zwiększoną wartość granicy plastyczności i wytrzymałości na rozciąganie w niskiej temperaturze.

.4 Naprężenia zredukowane σ_c (von Mises, Huber) powinny być określone w sposób następujący:

$$\sigma_c = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + \sigma_z^2 - \sigma_x \sigma_y - \sigma_x \sigma_z - \sigma_y \sigma_z + 3(\tau_{xy}^2 + \tau_{xz}^2 + \tau_{yz}^2)}$$

gdzie:

σ_x = całkowite naprężenie normalne w kierunku x ;

σ_y = całkowite naprężenie normalne w kierunku y ;

σ_z = całkowite naprężenie normalne w kierunku z ;

τ_{xy} = całkowite naprężenie ścinające w płaszczyźnie x - y ;

τ_{xz} = całkowite naprężenie ścinające w płaszczyźnie x - z ; oraz

τ_{yz} = całkowite naprężenie ścinające w płaszczyźnie y - z .

Powyższe wartości powinny być obliczane jak opisano w 6.4.11.2.3.

.5 W przypadku materiałów innych niż te, których dotyczy paragraf 7.4 dopuszczalne naprężenia powinny być w każdym przypadku przedmiotem zatwierdzenia przez Administrację.

.6 Naprężenia mogą być dalej ograniczane przez wykonanie analizy wytrzymałości zmęczeniowej, analizy propagacji pęknięć oraz kryteria wyboczenia.

6.4.12.2 Warunki projektowe dotyczące wytrzymałości zmęczeniowej

.1 Warunki projektowe dotyczące wytrzymałości zmęczeniowej odnoszą się do kumulacji efektu cyklicznego obciążenia.

.2 W przypadku gdy wymagana jest analiza wytrzymałości zmęczeniowej, efekt kumulacyjny obciążenia zmęczeniowego powinien być zgodny z:

$$\sum n_i/N_i + n_{loading}/N_{loading} \leq C_w$$

gdzie:

n_i = liczba cykli naprężeń dla każdego zakresu naprężenia w okresie użytkowania zbiornika;

N_i = liczba cykli naprężeń do powstania pęknięcia dla odpowiedniego zakresu naprężeń, zgodnie z krzywą Wohlera (S-N);

$n_{loading}$ = liczba cykli załadowania i wyładowania w okresie użytkowania zbiornika, przyjmowana jako nie mniejsza od 1000. Cykle załadowania i wyładowania obejmują całkowity cykl ciśnieniowy i termiczny;

$N_{loading}$ = liczba cykli załadowania i wyładowania do powstania pęknięcia dla obciążeń zmęczeniowych wywołanych załadowaniem i wyładowaniem; oraz

C_w = maksymalny dopuszczalny udział skumulowanego zużycia zmęczeniowego.

Zużycie zmęczeniowe powinno być oparte na projektowym okresie eksploatacyjnym zbiornika, obejmującym jednak nie mniej niż 10^8 zderzeń z falami.

.3 Tam gdzie jest to wymagane, system bezpiecznego magazynowania skroplonego paliwa gazowego powinien podlegać analizie wytrzymałości zmęczeniowej, uwzględniającej wszystkie obciążenia zmęczeniowe oraz ich odpowiednie kombinacje dla przewidywanego okresu użytkowania instalacji. Należy rozważyć różne stany napełnienia.

.4 Projektowe krzywe S-N stosowane w analizie powinny mieć zastosowanie do materiałów i konstrukcji spawanych, szczegółów konstrukcyjnych, technologii wykonania oraz rzeczywistego stanu zakładanego naprężenia.

Wykres krzywych S-N powinien być oparty na prawdopodobieństwie przetrwania 97.6% odpowiadającym krzywym wyznaczającym średnią-minus-dwa-standardowe-odchylenia odpowiednich danych doświadczalnych podczas próby prowadzącej do końcowego uszkodzenia. Zastosowanie krzywych S-N uzyskanych w inny sposób wymaga skorygowania w odniesieniu do dopuszczalnych wartości C_w podanych w 6.4.12.2.7 do 6.4.12.2.9.

.5 Analiza powinna być oparta na charakterystycznych wartościach następujących obciążeń:

Obciążenia stałe	wartości oczekiwane
Obciążenia robocze	wartości określone lub określona ilość w okresie użytkowania
Obciążenia środowiskowe	przewidywana ilość obciążeń, ale nie mniej niż 10^8 cykli.

W przypadku gdy uproszczone spektra obciążeń dynamicznych stosowane są do oszacowania okresu zmęczeniowego, powinny być one poddane szczególnemu rozpatrzeniu przez Administrację.

.6 W przypadku zredukowania rozmiarów bariery drugiej, jak przedstawiono w 6.4.2.3, należy wykonać analizę mechaniki pęknięcia dla wzrostu pęknięcia zmęczeniowego, w celu określenia:

.1 kierunków rozprzestrzeniania się pęknięcia w konstrukcji, gdy jest to niezbędne zgodnie z 6.4.12.2.7 do 6.4.12.2.9, na ile ma to zastosowanie;

.2 szybkości wzrostu pęknięcia;

.3 czasu potrzebnego do rozprzestrzeniania się pęknięcia w takim stopniu by nastąpił wyciek ze zbiornika;

.4 rozmiaru i kształtu pęknięć przechodzących przez grubość elementu konstrukcji, oraz

.5 czasu potrzebnego do osiągnięcia stanu krytycznego przez pęknięcia wykrywalne po przejściu w głąb elementu konstrukcji.

Obliczenia mechaniki pęknięć oparte są generalnie na danych dotyczących rozwoju pęknięcia będących sumą wartości średnich oraz dwu odchyłeń standardowych według danych testowych. Metodyka analizy rozwoju pęknięcia zmęczeniowego oraz mechaniki pęknięcia powinna być oparta na uznanych normach.

W analizie rozprzestrzeniania się pęknięcia należy założyć największe pęknięcie, niewykrywalne za pomocą stosowanych metod inspekcji, z uwzględnieniem kryteriów akceptacji podczas badań nieniszczących oraz oględzin tam gdzie mają one zastosowanie.

W 6.4.12.2.7 podano w odniesieniu do analizy rozprzestrzeniania się pęknięcia, że może być zastosowany uproszczony rozkład oraz sekwencja obciążeń przez okres 15 dni. Takie rozkłady można uzyskać jak pokazano na rys. 6.4.3. Dłuższe okresy rozkładu i sekwencji

obciążeń, takie jak w 6.4.12.2.8 oraz 6.4.12.2.9 powinny być zatwierdzone przez Administrację.

Rozwiązania takie powinny być zgodne odpowiednio z 6.4.12.2.7 do 6.4.12.2.9.

.7 W przypadku uszkodzeń, które mogą być wiarygodnie wykazane poprzez wykrywanie wycieków:

C_w powinno być mniejsze lub równe 0,5.

Prognozowany pozostały czas powstawania uszkodzenia, od momentu wykrycia wycieku do osiągnięcia stanu krytycznego, nie powinien być krótszy od 15 dni, chyba że mają zastosowanie inne przepisy dotyczące statków eksploatowanych w określonych podróżach.

.8 W przypadku uszkodzeń, które nie ujawniają się poprzez wykrycie wycieku, ale mogą być skutecznie wykryte w czasie inspekcji w toku eksploatacji:

C_w powinno być mniejsze lub równe 0,5.

Prognozowany pozostały czas powstawania uszkodzenia, od największego pęknięcia niewykrywalnego za pomocą stosowanych metod inspekcji do osiągnięcia stanu krytycznego, nie powinien być krótszy od trzykrotnego okresu między inspekcjami.

.9 W szczególnych punktach zbiornika, w których nie można zapewnić skutecznego wykrywania powstałych uszkodzeń lub pęknięć, należy zastosować co najmniej następujące, bardziej restrykcyjne kryteria wytrzymałości zmęczeniowej:

C_w powinno być mniejsze lub równe 0,1.

Prognozowany czas powstawania uszkodzenia, od założonego czasu jego powstania do osiągnięcia przez nie stanu krytycznego, nie powinien być krótszy od trzykrotnego okresu użytkowania zbiornika.

15 days = 15 dni

Response cycles = cykle odpowiedzi konstrukcji

σ_0 = najbardziej prawdopodobne naprężenie maksymalne w okresie eksploatacji statku

Przyjęto logarytmiczną skalę cyklu odpowiedzi; wartość $2 \cdot 10^5$ podano jako przykład wartości szacunkowej.

Rys 6.4.3 – Uproszczony rozkład obciążeń

6.4.12.3 Warunki projektowe dotyczące sytuacji awaryjnej

6.4.12.3.1 Warunki projektowe dotyczące sytuacji awaryjnej dotyczą obciążeń związanych z sytuacjami awaryjnymi z ekstremalnie niskim prawdopodobieństwem wystąpienia.

6.4.12.3.2 Analiza powinna być oparta na wartościach charakterystycznych, jak niżej:

Obciążenia stałe	wartości oczekiwane
Obciążenia robocze	wartości określone
Obciążenia środowiskowe	wartości określone
Obciążenia awaryjne	wartości określone lub wartości oczekiwane

Obciążenia podane w 6.4.9.3.3.8 oraz 6.4.9.5 nie muszą być łączone ze sobą lub z obciążeniami wywołanymi falowaniem.

6.4.13 Materiały i budowa

6.4.13.1 Materiały

6.4.13.1.1 Materiały tworzące konstrukcję statku

6.4.13.1.1.1 W celu określenia kategorii materiału na poszycie i sekcje stosowane w konstrukcji kadłuba należy przeprowadzić obliczenia temperatury dla wszystkich typów zbiorników. Poniżej podano założenia do obliczeń:

- .1 Temperaturę bariery pierwszej dla wszystkich zbiorników należy przyjąć na poziomie temperatury skroplonego paliwa gazowego.
- .2 Oprócz jak w .1 powyżej, w przypadku gdy wymagana jest pełna lub częściowa bariera druga, temperaturę należy przyjąć na poziomie temperatury skroplonego paliwa gazowego przy ciśnieniu atmosferycznym dla każdego zbiornika.
- .3 W przypadku żeglugi nieograniczonej, należy przyjąć temperatury otoczenia wynoszące 5°C dla powietrza oraz 0°C dla wody morskiej. Wyższe wartości mogą być przyjęte w przypadku statków eksploatowanych w rejonach ograniczonych i przeciwnie niższe temperatury mogą być narzucone przez Administrację w przypadku statków eksploatowanych w rejonach, w których spodziewane są niższe temperatury w miesiącach zimowych.
- .4 Należy założyć warunki spokojnego powietrza i wody morskiej, tj. bez poprawki na wymuszoną konwekcję.
- .5 Należy założyć degradację właściwości izolacji termicznej w okresie eksploatacji statku wywołaną takimi czynnikami jak starzenie się cieplne i mechaniczne, zbijanie się materiału, ruchy statku oraz drgania zbiornika, jak określono w 6.4.13.3.6 oraz 6.4.13.3.7.
- .6 Należy uwzględnić, tam gdzie ma to zastosowanie, efekt chłodzący unoszących się par wycieku skroplonego gazu.
- .7 Można uwzględnić ogrzewanie kadłuba zgodnie z 6.4.13.1.1.3, jeśli urządzenia ogrzewające spełniają postanowienia 6.4.13.1.1.4.
- .8 Nie należy uwzględniać jakichkolwiek urządzeń ogrzewających, z wyjątkiem jak opisano w 6.4.13.1.1.3.
- .9 W przypadku elementów łączących kadłuby wewnętrzne i zewnętrzne, do określania kategorii stali może być przyjęta temperatura średnia.

6.4.13.1.1.2 Wszystkie materiały konstrukcji kadłuba, dla których temperatura obliczona dla założeń projektowych wynosi poniżej 0°C, ze względu na wpływ temperatury skroplonego paliwa gazowego, powinny być zgodne z tabelą 7.5. Dotyczy to konstrukcji kadłuba podpierających zbiorniki skroplonego paliwa gazowego, wewnętrznego poszycia dna, poszycia grodzi wzdłużnych i poprzecznych, denników, środników, mocników i innych dołączonych elementów usztywniających.

6.4.13.1.1.3 Stosowane mogą być urządzenia do ogrzewania materiałów konstrukcyjnych w celu zapobiegania spadkowi temperatury materiału poniżej minimum dopuszczalnego dla danej kategorii stali podanej w tabeli 7.5. W obliczeniach wymaganych w 6.4.13.1.1.1, można uwzględnić takie ogrzewanie zgodnie z poniższymi zasadami:

- .1 w przypadku każdego poprzecznego elementu konstrukcji kadłuba;

.2 w przypadku wzdłużnego elementu konstrukcji kadłuba wymienionego w 6.4.13.1.1.2 gdy podano niższe temperatury otoczenia, jeśli materiał pozostaje odpowiedni do temperatury otoczenia 5°C dla powietrza oraz 0°C dla wody morskiej, przy czym nie jest to uwzględniane w obliczeniach dotyczących ogrzewania; oraz

.3 jako alternatywę do 6.4.13.1.1.3.2, w przypadku grodzi wzdłużnej pomiędzy zbiornikami skroplonego paliwa gazowego, można uwzględnić ogrzewanie jeśli materiał pozostaje odpowiedni do minimalnej temperatury projektowej -30°C lub temperatury o 30°C niższej od określonej w 6.4.13.1.1.1 z uwzględnionym ogrzewaniem, przyjmując tą wartość która jest niższa. W tym przypadku wytrzymałość wzdłużna statku powinna być zgodna z prawidłem II-1/3-1 Konwencji SOLAS niezależnie czy ww. grodzie są uważane za skuteczne czy nie.

6.4.13.1.1.4 Urządzenia grzewcze wspomniane w 6.4.13.1.1.3 powinny spełniać poniższe wymagania:

.1 system grzewczy powinien być tak zaprojektowany, aby w przypadku awarii którejkolwiek z jego części, mogło być utrzymane ogrzewanie doraźne nie mniejsze niż pełna wymagana teoretyczna wartość grzewcza;

.2 system grzewczy powinien być uznany za ważny system pomocniczy. Wszystkie składniki elektryczne co najmniej jednej z instalacji przewidzianej zgodnie z 6.4.13.1.1.3.1 powinny być zasilane z awaryjnego źródła energii elektrycznej; oraz

.3 projekt i budowa systemu grzewczego powinny być objęte zatwierdzeniem systemu bezpiecznego magazynowania paliwa przez Administrację.

6.4.13.2 Materiały barier pierwszej i drugiej

6.4.13.2.1 Materiały metalowe stosowane w budowie barier pierwszej i drugiej nie tworzących konstrukcji kadłuba, powinny być odpowiednie dla obciążeń projektowych, którym mogą podlegać i powinny być zgodne z tabelą 7.1, 7.2 lub 7.3.

6.4.13.2.2 Materiały, niezależnie od tego czy metalowe czy niemetalowe, ale nie objęte tabelami 7.1, 7.2 lub 7.3, stosowane w budowie barier pierwszej i drugiej, mogą być zatwierdzone przez Administrację z uwzględnieniem obciążeń projektowych, którym mogą podlegać, ich właściwości oraz ich zamierzonego zastosowania.

6.4.13.2.3 W przypadku gdy materiały niemetalowe¹⁰, włącznie z kompozytami, stosowane są do budowy barier pierwszej lub drugiej lub włączone do nich, powinny być one poddane próbom w odniesieniu do następujących właściwości, w celu upewnienia się, że zostały właściwie dobrane:

.1 zgodność ze skroplonymi paliwami gazowymi;

.2 starzenie się;

.3 właściwości mechaniczne;

.4 rozszerzalność i kurczliwość cieplna;

.5 ścieralność;

.6 spójność;

.7 odporność na drgania;

.8 odporność na ogień i rozprzestrzenianie płomienia; oraz

¹⁰ Patrz rozdział 6.4.16

.9 odporność na zmęczenie i rozprzestrzenianie się pęknięcia.

6.4.13.2.4 Powyższe właściwości, jeśli ma to zastosowanie, powinny być potwierdzone próbami w zakresie pomiędzy spodziewaną maksymalną temperaturą eksploatacyjną a wartością o 5°C niższą od minimalnej temperatury projektowej, ale nie niższą od -196°C.

6.4.13.2.5 W przypadku gdy do barier pierwszej i drugiej stosowane są materiały niemetalowe, procesy łączenia powinny być poddane próbom, jak opisano powyżej.

6.4.13.2.6 W przypadku barier pierwszych i drugich można uwzględnić stosowanie materiałów, które nie są odporne na ogień i rozprzestrzenianie płomienia, jeśli są one odpowiednio zabezpieczone np. przez stałe środowisko gazu obojętnego lub barierę przeciwogniową.

6.4.13.3 Izolacja cieplna i inne materiały stosowane w systemach bezpiecznego magazynowania skroplonego paliwa gazowego

6.4.13.3.1 Konstrukcja nośna izolacji cieplnej i inne materiały stosowane w systemach bezpiecznego magazynowania skroplonego paliwa gazowego powinny być odpowiednie do obciążeń projektowych.

6.4.13.3.2 Izolacja cieplna i inne materiały stosowane w systemach ochrony skroplonego paliwa gazowego powinny mieć następujące właściwości, na ile ma to zastosowanie, w celu zapewnienia że są one właściwie dobrane do zamierzonego zastosowania:

- .1 zgodność ze skroplonymi paliwami gazowymi;
- .2 rozpuszczalność w skroplonym paliwie gazowym;
- .3 absorpcja skroplonego paliwa gazowego;
- .4 kurczliwość;
- .5 starzenie się;
- .6 zawartość struktury zamkniętokomórkowej ;
- .7 gęstość;
- .8 właściwości mechaniczne, w zakresie w jakim są poddane działaniu paliwa gazowego i innym obciążeniom, rozszerzalność cieplna i kurczliwość;
- .9 ścieralność;
- .10 spójność;
- .11 przewodność cieplna;
- .12 odporność na drgania;
- .13 odporność na ogień i rozprzestrzenianie płomienia: oraz
- .14 odporność na zmęczenie i rozprzestrzenianie się pęknięć.

6.4.13.3.3 Powyższe właściwości, jeśli ma to zastosowanie, powinny być potwierdzone próbami w zakresie pomiędzy spodziewaną maksymalną temperaturą eksploatacyjną a wartością o 5°C niższą od minimalnej temperatury projektowej, ale nie niższą od -196°C.

6.4.13.3.4 Ze względu na umiejscowienie lub warunki środowiskowe materiały izolacji cieplnej powinny mieć odpowiednie właściwości odporności na ogień i rozprzestrzenianie płomienia oraz powinny być odpowiednio zabezpieczone przed wnikaniem pary wodnej i uszkodzeniami mechanicznymi. W przypadku gdy izolacja cieplna umiejscowiona jest na pokładzie otwartym lub powyżej niego i w rejonie przepustów pokrywy zbiornika, powinna

mieć ona odpowiednie właściwości odporności na ogień, zgodnie z uznaną normą lub być pokryta materiałem o właściwościach wolnego rozprzestrzeniania płomienia i tworzącym skuteczną uznaną izolację dla pary.

6.4.13.3.5 Izolacja cieplna, która nie spełnia uznanych norm w zakresie odporności ogniowej może być stosowana w pomieszczeniach magazynowych paliwa, które nie są w sposób ciągły napełniane gazem obojętnym, pod warunkiem że ich powierzchnie pokryte są materiałem o właściwościach wolnego rozprzestrzeniania płomienia, tworzącym skuteczną uznaną izolację dla pary.

6.4.13.3.6 Próby przewodności cieplnej izolacji cieplnej powinny być przeprowadzane na odpowiednio postarzonych próbkach.

6.4.13.3.7 W przypadku stosowania izolacji cieplnej w postaci proszku lub granulatu, należy zapewnić środki służące zmniejszeniu zagęszczania w eksploatacji oraz utrzymaniu wymaganej przewodności cieplnej, a także zapobieganiu niepożądanemu zwiększaniu nacisku na system bezpiecznego magazynowania skroplonego gazu.

6.4.14 Procesy budowy

6.4.14.1 Projekt połączenia spawanego

6.4.14.1.1 Wszystkie połączenia spawane korpusów zbiorników niezależnych powinny być spoinami czołowymi w jednej płaszczyźnie z pełnym przetopem. Jedynie w przypadku połączeń korpusu z kopułą, mogą być stosowane spoiny teowe z pełnym przetopem, w zależności od wyników prób prowadzonych przy zatwierdzaniu procedury spawania. Z wyjątkiem małych przepustów na kopułach, spoiny dysz należy także projektować z pełnym przetopem.

6.4.14.1.2 Poniżej podano szczegóły dotyczące połączeń spawanych zbiorników niezależnych typu C oraz płynoszczelnych barier pierwszych zbiorników niezależnych typu B zbudowanych głównie z zakrzywionych płaszczyzn:

.1 Wszystkie połączenia wzdłużne i obwodowe powinny być wyspawane czołowo, z pełnym przetopem, podwójnym lub pojedynczym ukosowaniem. Spoiny czołowe z pełnym przetopem powinny być uzyskane przez podwójne wyspawanie lub przez użycie podkładek pierścieniowych. Podkładki pierścieniowe, jeśli zostały zastosowane, powinny być usunięte, z wyjątkiem bardzo małych technologicznych zbiorników ciśnieniowych¹¹. W zależności od wyników prób prowadzonych przy zatwierdzaniu procedury spawania, można zezwolić na inne przygotowanie krawędzi. W przypadku połączeń korpusu zbiornika do grodzi wzdłużnej zbiorników o podwójnych kopułach typu C, można uznać spoiny teowe z pełnym przetopem.

.2 Ukosowanie połączeń pomiędzy korpusem zbiornika a jego kopułą oraz pomiędzy kopułą a właściwą armaturą powinno być zaprojektowane zgodnie z normami uznanymi przez Administrację. Wszystkie spoiny łączące dysze, kopuły lub inne otwory zbiornika oraz wszystkie spoiny łączące kołnierze ze zbiornikiem ciśnieniowym lub dyszami powinny być z pełnym przetopem.

6.4.14.2 Projekt połączenia klejonego oraz innych procesów łączenia

6.4.14.2.1 Projekt połączenia klejonego (lub wykonanego za pomocą innych procesów z wyjątkiem spawania) powinien uwzględniać charakterystykę wytrzymałościową procesu łączenia.

¹¹ W przypadku zbiorników izolowanych **podciśnieniowo** bez włazów, połączenia wzdłużne i obwodowe powinny spełniać wyżej wymienione wymagania, z wyjątkiem spoin montażowych korpusu zewnętrznego, które mogą być spoinami jednostronnymi z podkładkami pierścieniowymi.

6.4.15 Typy zbiorników

6.4.15.1 Zbiorniki niezależne typu A

6.4.15.1.1 Podstawa projektowania

6.4.15.1.1.1 Zbiorniki niezależne typu A są zbiornikami zaprojektowanymi zasadniczo przy zastosowaniu klasycznych procedur analizy konstrukcyjnej statków, zgodnie z wymaganiami Administracji. W przypadku gdy zbiorniki są zbudowane głównie z powierzchni płaskich, wówczas projektowa prężność par P_0 powinna być mniejsza od 0,07 MPa.

6.4.15.1.1.2 Wymagana jest pełna bariera druga jak określono w 6.4.3. Bariera druga powinna być zaprojektowana zgodnie z 6.4.4.

6.4.15.1.2 Analiza konstrukcyjna

6.4.15.1.2.1 Należy wykonać analizę konstrukcji uwzględniającą ciśnienie wewnętrzne jak podano w 6.4.9.3.3.1 oraz obciążenia związane z interakcją z systemem podpierającym i mocującym, a także z odpowiednią częścią kadłuba statku.

6.4.15.1.2.2 W przypadku części nie objętych postanowieniami niniejszego kodeksu, takich jak konstrukcja w rejonie podpór, naprężenia należy określać poprzez obliczenia bezpośrednie, z uwzględnieniem obciążeń podanych w paragrafach 6.4.9.2 do 6.4.9.5, na ile ma to zastosowanie, oraz ugięć statku w rejonie podpór.

6.4.15.1.2.3 Konstrukcja zbiorników z podporami powinna uwzględniać obciążenia awaryjne podane w 6.4.9.5. Obciążenia te nie muszą być łączone ze sobą nawzajem lub z obciążeniami środowiskowymi.

6.4.15.1.3 Wymiarujące warunki projektowe

6.4.15.1.3.1 W przypadku zbiorników zbudowanych zasadniczo z płaszczyzn płaskich, nominalne naprężenia membranowe wiązań głównych i drugorzędnych (usztywnień, wręgów ramowych, wzdużników, wiązań), jeśli są obliczane za pomocą analiz klasycznych, nie powinny przekraczać niższej z wartości $R_m/2,66$ lub $R_e/1,33$ dla stali niklowych, stali węglowo-manganowych, stali austenitycznych i stopów aluminium, gdzie R_m i R_e zostały określone w 6.4.12.1.1.3. Jeśli jednak wykonano szczegółowe obliczenia dla wiązań głównych, naprężenie zredukowane σ_c , określone w 6.4.12.1.1.4, może być zwiększone ponad wartość wskazaną powyżej do wartości uznanej przez Administrację. W obliczeniach należy uwzględnić efekty zginania, ścinania, odkształceń osiowych i skrętnych oraz siły wzajemnego oddziaływania kadłuba i zbiornika skroplonego paliwa gazowego, wywołane ugięciem konstrukcji kadłuba oraz dna zbiorników paliwa gazowego.

6.4.15.1.3.2 Wymiary graniczne zbiornika powinny spełniać co najmniej wymagania Administracji dla zbiorników wysokich, z uwzględnieniem ciśnienia wewnętrznego wg. 6.4.9.3.3.1 oraz naddatku korozyjnego wymaganego w 6.4.1.7.

6.4.15.1.3.3 Konstrukcja zbiornika skroplonego paliwa gazowego powinna być poddana ocenie w zakresie potencjalnych wyboczeń.

6.4.15.1.4 Warunki projektowe dotyczące sytuacji awaryjnej

6.4.15.1.4.1 Konstrukcja zbiorników i ich podpór powinna uwzględniać obciążenia awaryjne oraz założenia projektowe podane odpowiednio w 6.4.9.5 i 6.4.1.6.3.

6.4.15.1.4.2 Przy oddziaływaniu obciążeń w sytuacjach awaryjnych określonych w 6.4.9.5, naprężenia powinny spełniać kryteria akceptacji podane w 6.4.15.1.3, zmodyfikowane odpowiednio po uwzględnieniu ich niskiego prawdopodobieństwa wystąpienia.

6.4.15.2 Zbiorniki niezależne typu B

6.4.15.2.1 Podstawa projektowa

6.4.15.2.1.1 Zbiorniki niezależne typu B to zbiorniki zaprojektowane przy zastosowaniu prób modelowych, specjalistycznych narzędzi analitycznych i metod analitycznych pozwalających na określenie poziomu naprężeń, trwałości zmęczeniowej oraz charakterystyki propagacji pęknięć. W przypadku gdy zbiorniki takie zostały głównie zbudowane z powierzchni płaskich (zbiorniki pryzmatyczne) projektowa prężność par P_0 powinna być mniejsza od 0,07 MPa.

6.4.15.2.1.2 Wymagana jest częściowa bariera druga z systemem ochrony, jak określono w 6.4.3. Należy zaprojektować system zabezpieczenia przed małymi wyciekami, zgodnie z 6.4.5.

6.4.15.2.2 Analiza konstrukcyjna

6.4.15.2.2.1 Należy przeanalizować efekt oddziaływania obciążeń dynamicznych i statycznych, w celu określenia charakterystyki konstrukcji ze względu na:

- .1 odkształcenia plastyczne;
- .2 wyboczenie;
- .3 wytrzymałość zmęczeniową; oraz
- .4 propagację pęknięć.

Należy wykonać analizę metodą elementów skończonych lub podobnymi metodami oraz analizę mechaniki pęknięcia lub równoważne.

6.4.15.2.2.2 Należy wykonać analizę z wykorzystaniem trójwymiarowego modelu konstrukcji, w celu oceny poziomu naprężeń, z uwzględnieniem interakcji z kadłubem statku. Model do analizy powinien uwzględniać zbiornik skroplonego gazu z jego systemem podpierającym i mocującym, a także odpowiednio duży fragment kadłuba.

6.4.15.2.2.3 Należy wykonać pełną analizę przyspieszeń oraz ruchów danego statku na fali nieregularnej, a także odzewu statku i jego zbiorników gazu skroplonego na te siły i ruchy, chyba że dostępne są takie dane z podobnych statków.

6.4.15.2.3 Wymiarujące warunki projektowe

6.4.15.2.3.1 Odkształcenia plastyczne

W przypadku zbiorników niezależnych typu B, o kształcie utworzonym z figur obrotowych, naprężenia dopuszczalne nie powinny przekraczać poniższych wartości:

$$\begin{aligned}\sigma_m &\leq f \\ \sigma_L &\leq 1,5f \\ \sigma_b &\leq 1,5F \\ \sigma_L + \sigma_b &\leq 1,5 F \\ \sigma_m + \sigma_b &\leq 1,5F \\ \sigma_m + \sigma_b + \sigma_g &\leq 3,0F \\ \sigma_L + \sigma_b + \sigma_g &\leq 3,0F\end{aligned}$$

gdzie:

- σ_m = podstawowe zredukowane membranowe naprężenie ogólne;
 σ_L = podstawowe zredukowane membranowe naprężenie lokalne;
 σ_b = podstawowe zredukowane naprężenie zginające;
 σ_g = zredukowane naprężenie wtórne;
 f = mniejsza z wartości (R_m / A) lub (R_e / B); oraz
 F = mniejsza z wartości (R_m / C) lub (R_e / D),

gdzie R_m oraz R_e zostały zdefiniowane w 6.4.12.1.1.3. W odniesieniu do naprężeń σ_m , σ_L , σ_g patrz także definicje kategorii naprężeń podane w 6.4.15.2.3.6.

Parametry A oraz B powinny mieć co najmniej następujące minimalne wartości:

	Stale niklowe i stale węglowo-manganowe	Stale austenityczne	Stopy aluminium
A	3	3,5	4
B	2	1,6	1,5
C	3	3	3
D	1,5	1,5	1,5

Powyższe wartości mogą zostać zmienione po uwzględnieniu założeń projektowych rozpatrywanych w uzgodnieniu z Administracją. W przypadku zbiorników niezależnych typu B, zbudowanych głównie z powierzchni płaskich, dopuszczalne zredukowane naprężenia membranowe zastosowane w analizie metodą elementów skończonych, nie powinny przekraczać:

- .1 w przypadku stali niklowych oraz stali węglowo-manganowych, mniejszej z wartości $R_m/2$ lub $R_e/1,2$;
- .2 w przypadku stali austenitycznych, mniejszej z wartości $R_m/2,5$ lub $R_e/1,2$; oraz
- .3 w przypadku stopów aluminium, mniejszej z wartości $R_m/2,5$ lub $R_e/1,2$.

Powyższe liczby mogą zostać zmienione przy uwzględnieniu miejsc naprężenia, metody analizy naprężeń oraz założeń projektowych rozpatrywanych w uzgodnieniu z Administracją.

Grubość płyt poszycia oraz wymiary usztywnienia nie powinny być mniejsze od tych, które są wymagane w przypadku zbiorników niezależnych typu A.

6.4.15.2.3.2 Wyboczenie

Należy wykonać analizę wytrzymałości na wyboczenie zbiorników skroplonego gazu poddanych ciśnieniu zewnętrznemu oraz działaniu innych sił powodujących naprężenia ściskające, zgodnie z uznanymi normami. Metoda analizy powinna odpowiednio uwzględniać różnice między teoretycznymi a rzeczywistymi naprężeniami wyboczącymi wynikającymi odpowiednio z braku osiowości krawędzi płyt, braku prostoliniowości lub płaskości, z owalności oraz odchylenia od rzeczywistego kształtu okrągłego na określonym odcinku łuku lub cięciwy.

6.4.15.2.3.3 Warunki projektowe dotyczące wytrzymałości zmęczeniowej

6.4.15.2.3.3.1 Należy wykonać ocenę zmęczenia i propagacji pęknięć, zgodnie z postanowieniami 6.4.12.2. Kryteria akceptacji należy przyjąć tak, aby spełniały wymagania 6.4.12.2.7, 6.4.12.2.8 lub 6.4.12.2.9, w zależności od możliwości wykrycia wady.

6.4.15.2.3.3.2 Analiza wytrzymałości zmęczeniowej powinna uwzględniać tolerancje konstrukcyjne.

6.4.15.2.3.3.3 W przypadku gdy Administracja uzna to za konieczne, mogą być wymagane próby modelowe w celu określenia współczynników koncentracji naprężeń oraz okresu wytrzymałości zmęczeniowej elementów konstrukcji.

6.4.15.2.3.4 Warunki projektowe dotyczące sytuacji awaryjnej

6.4.15.2.3.4.1 Konstrukcja zbiorników i ich podpór powinna uwzględniać obciążenia awaryjne oraz założenia projektowe podane odpowiednio w 6.4.9.5 oraz 6.4.1.6.3.

6.4.15.2.3.4.2 W wyniku działania obciążeń w sytuacjach awaryjnych podanych w 6.4.9.5, naprężenia powinny spełniać kryteria akceptacji podane w 6.4.15.2.3, po odpowiednim zmodyfikowaniu z uwzględnieniem ich niższego prawdopodobieństwa wystąpienia.

6.4.15.2.3.5 Oznakowanie

Zbiorniki ciśnieniowe powinny być oznakowane przy zastosowaniu metody, która nie powoduje niepożądanych wzrostów naprężeń miejscowych.

6.4.15.2.3.6 Rodzaje naprężeń

W celu oceny naprężeń, w niniejszej sekcji zdefiniowano ich rodzaje:

- .1** *Naprężenie normalne* jest składową naprężenia prostopadłą do płaszczyzny odniesienia.
- .2** *Naprężenie membranowe* jest składową naprężeń normalnych, która jest rozłożona równomiernie i równa średniej wartości naprężeń na grubości rozpatrywanego przekroju.
- .3** *Naprężenie zginające* jest naprężeniem zmiennym działającym w poprzek rozpatrywanego przekroju, pomniejszonym o wartość naprężenia membranowego.
- .4** *Naprężenie styczne* jest składową naprężenia działającą w płaszczyźnie odniesienia.
- .5** *Naprężenie podstawowe* jest naprężeniem wywołanym przez przyłożone obciążenie, które jest niezbędne do zrównoważenia sił i momentów zewnętrznych. Podstawową właściwością naprężenia podstawowego jest to, że nie ustępuje samoistnie. Naprężenia podstawowe, które znacznie przekraczają granicę plastyczności powodują uszkodzenia lub co najmniej duże odkształcenia.
- .6** *Podstawowe ogólne naprężenie membranowe* jest podstawowym naprężeniem membranowym tak rozłożonym w obrębie konstrukcji, że nie występuje ponowny rozdział obciążeń w wyniku przekroczenia granicy plastyczności.
- .7** *Podstawowe miejscowe naprężenie membranowe* powstaje gdy naprężenie membranowe wywołane ciśnieniem lub innym obciążeniem mechanicznym i związane z obciążeniami podstawowymi lub nieciągłością nadmiernie zaburza przenoszenie obciążeń na inne fragmenty konstrukcji. Takie naprężenie jest klasyfikowane jako podstawowe miejscowe naprężenie membranowe, mimo że ma ono pewne właściwości naprężenia drugiego. Obszar występowania naprężenia może być uznany jako miejscowy, jeśli:

$$S_1 \leq 0,5\sqrt{Rt}; \text{ oraz}$$

$$S_1 \geq 2,5\sqrt{Rt}$$

gdzie :

S_1 = odległość w kierunku południkowym, w której naprężenie zredukowane przekracza $1,1f$;

S_2 = odległość w kierunku południkowym do innego obszaru, w której wartości dopuszczalne podstawowych ogólnych naprężeń membranowych zostały przekroczone;

R = średni promień zbiornika ciśnieniowego;

t = grubość ścianki zbiornika w miejscu, gdzie wartości dopuszczalne podstawowych ogólnych naprężeń membranowych zostały przekroczone; oraz

f = dopuszczalne podstawowe ogólne naprężenie membranowe.

- .8** *Naprężenie wtórne* jest naprężeniem normalnym lub naprężeniem stycznym wywołanym przez elementy sąsiadujące, krepujące konstrukcję lub przez to że konstrukcja sama w sobie ma narzucone węzły. Podstawową cechą naprężeń wtórnych jest to, że ustępują samoistnie. Wystąpienie tych naprężeń może być związane z miejscowym przekroczeniem granicy plastyczności oraz niewielkimi odkształceniami.

6.4.15.3 Zbiorniki niezależne typu C

6.4.15.3.1 Podstawa projektowa

6.4.15.3.1.1 W przypadku zbiorników niezależnych typu C podstawa projektowa oparta została na kryteriach dotyczących zbiorników ciśnieniowych zmodyfikowanych tak, aby uwzględniały mechanikę pęknięć oraz kryteria propagacji pęknięć. Wartość minimalnego ciśnienia obliczeniowego ustalona w 6.4.15.3.1.2 ma zapewnić wystarczająco niskie naprężenie dynamiczne tak, aby pierwotna wada powierzchni nie rozprzestrzeniła się na więcej niż połowę grubości poszycia w okresie eksploatacji zbiornika.

6.4.15.3.1.2 Projektowa prężność par nie powinna być mniejsza niż:

$$P_0 = 0,2 + AC(\rho_r)^{1,5} \text{ (MPa)}$$

gdzie:

$$A = 0,00185(\sigma_m/\Delta\sigma_A)^2$$

przy czym

σ_m = projektowe podstawowe naprężenie membranowe;

$\Delta\sigma_A$ = dopuszczalne dynamiczne naprężenie membranowe (podwójna amplituda przy stopniu prawdopodobieństwa $Q = 10^{-8}$) i równe:

- 55 N/mm² dla stali ferrytyczno-perlitycznych, martenzytycznych i austenitycznych;
- 25 N/mm² dla stopów aluminium (5083-O);

C = charakterystyczny wymiar zbiornika przyjęty jako największy z poniższych:

h , $0,75b$ lub $0,45\ell$,

przy czym:

h = wysokość zbiornika (mierzona w kierunku pionowym względem statku) (m);

b = szerokość zbiornika (mierzona w kierunku poprzecznym względem statku) (m);

ℓ = długość zbiornika (mierzona w kierunku wzdłużnym względem statku) (m);

ρ_r = gęstość względna ładunku ($\rho_r = 1$ dla wody słodkiej) w temperaturze projektowej.

6.4.15.3.2 Grubość powłoki

6.4.15.3.2.1 Przy rozpatrywaniu grubości powłoki, należy uwzględnić następujące wymagania:

.1 w przypadku zbiorników ciśnieniowych, grubość obliczana zgodnie z 6.4.15.3.2.4 powinna być rozważana jako grubość minimalna po formowaniu, bez uwzględnienia tolerancji ujemnych;

.2 w przypadku zbiorników ciśnieniowych, minimalna grubość powłoki i górnej części zbiornika, włącznie z nadatkami korozyjnymi, po formowaniu, nie powinna być mniejsza niż 5 mm dla stali węglowo-manganowych i niklowych, 3 mm dla stali austenitycznych lub 7 mm dla stopów aluminium; oraz

.3 w przypadku przeprowadzania kontroli oraz badań nieniszczących podanych w 16.3.6.4, współczynnik efektywności połączenia spawanego stosowany w obliczeniach zgodnie z 6.4.15.3.2.4 powinien wynosić 0,95. Wartość tą można zwiększyć do 1,0, gdy uwzględniamy

inne czynniki, takie jak stosowany materiał, typ połączeń spawanych, procedura spawania oraz rodzaj obciążenia. W przypadku technologicznych zbiorników ciśnieniowych Administracja może zaakceptować częściowe badania nieniszczące, jednak w zakresie nie mniejszym niż podano w 16.3.6.4, w zależności od takich czynników jak stosowany materiał, temperatura projektowa, temperatura przejścia w stan kruchy dla materiału w stanie dostawy oraz rodzaj połączeń spawanych i procedura spawania, jednak w tym przypadku należy przyjmować współczynnik efektywności nie większy niż 0,85. W przypadku niektórych szczególnych materiałów, wartości wyżej wymienionych współczynników należy zmniejszyć, w zależności od określonych wartości mechanicznych złączy spawanych.

6.4.15.3.2.2 W obliczeniach ciśnienia wewnętrznego należy uwzględnić projektowe ciśnienie cieczy określone w 6.4.9.3.3.1.

6.4.15.3.2.3 Projektowe ciśnienie zewnętrzne P_e , stosowane przy sprawdzaniu wyboczenia zbiorników ciśnieniowych, nie powinno być mniejsze od określonego ze wzoru:

$$P_e = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 \text{ (MPa)}$$

gdzie:

P_1 = nastawa podciśnieniowego zaworu nadmiarowego. W przypadku zbiorników nie wyposażonych w takie zawory wartość P_1 podlega specjalnemu rozpatrzeniu, jednak co do zasady nie powinna być przyjmowana jako mniejsza od 0,025 MPa.

P_2 = wartość nastawy zaworu nadmiarowego (PRVs) dla całkowicie zamkniętych przestrzeni zawierających zbiorniki ciśnieniowe lub ich części; w pozostałych przypadkach należy przyjmować $P_2 = 0$.

P_3 = ciśnienie równoważne ścisłaniu powłoki zbiornika wywołanemu ciężarem izolacji cieplnej oraz jej kurczeniem, ciężarem powłoki zbiornika, przy uwzględnieniu nadkładu na korozję i innych obciążeń zewnętrznych, którym zbiornik może być poddany. Obejmują one, co najmniej, ciężar kopuł, kolumn i rurociągów, oddziaływanie produktu w stanie częściowo załadowanym, przyspieszenia i ugięcia kadłuba. Dodatkowo, należy uwzględnić miejscowe oddziaływanie ciśnień zewnętrznych i/lub wewnętrznych.

P_4 = ciśnienie zewnętrzne wywołane naporem wody na zbiorniki ciśnieniowe lub ich części znajdujące się na pokładach otwartych; w pozostałych przypadkach należy przyjmować $P_4 = 0$.

6.4.15.3.2.4 Wymiary oparte na ciśnieniu wewnętrznym należy obliczać w sposób następujący:

Należy określić grubość i kształt części ciśnieniowych zbiorników ciśnieniowych, pozostających pod ciśnieniem wewnętrznym, zgodnie z określeniem w 6.4.9.3.3.1, włącznie z kołnierzami. Obliczenia te w każdym przypadku powinny być oparte na przyjętej teorii projektowej zbiornika ciśnieniowego. Otwory w częściach ciśnieniowych zbiorników ciśnieniowych powinny być wzmocnione zgodnie z uznaną normą zaakceptowaną przez Administrację.

6.4.15.3.2.5 Analizę naprężeń pochodzących od obciążeń statycznych i dynamicznych należy przeprowadzać w sposób następujący:

.1 należy określić wymiary elementów konstrukcyjnych zbiorników ciśnieniowych zgodnie z 6.4.15.3.2.1 do 6.4.15.3.2.4 oraz 6.4.15.3.3;

.2 należy wykonać obliczenia obciążeń i naprężeń w rejonie podpór oraz ich punktów mocowania do powłoki. Należy przyjmować obciążenia podane odpowiednio w 6.4.9.2 do

6.4.9.5. Naprężenia w rejonie podpór powinny odpowiadać wartościom podanym w uznanych normach dopuszczonych przez Administrację. W szczególnych przypadkach Administracja może wymagać przeprowadzenia analizy wytrzymałości zmęczeniowej; oraz

.3 jeśli jest to wymagane przez Administrację, należy szczególnie uwzględnić naprężenia wtórne i naprężenia termiczne.

6.4.15.3.3 Wymiarujące warunki projektowe

6.4.15.3.3.1 Odkształcenia plastyczne

W przypadku zbiorników niezależnych typu C, naprężenia dopuszczalne nie powinny przekraczać:

$$\begin{aligned}\sigma_m &\leq f \\ \sigma_L &\leq 1,5 f \\ \sigma_b &\leq 1,5 f \\ \sigma_L + \sigma_b &\leq 1,5 f \\ \sigma_m + \sigma_b &\leq 1,5 f \\ \sigma_m + \sigma_b + \sigma_g &\leq 3,0 f \\ \sigma_L + \sigma_b + \sigma_g &\leq 3,0 f\end{aligned}$$

gdzie:

σ_m = podstawowe zredukowane membranowe naprężenie ogólne;
 σ_L = podstawowe zredukowane membranowe naprężenie miejscowe;
 σ_b = podstawowe zredukowane naprężenie zginające;
 σ_g = wtórne naprężenie zredukowane; oraz
 f = mniejsza z wartości R_m / A lub R_e / B ,

R_m i R_e zdefiniowano w 6.4.12.1.1.3. W odniesieniu do naprężeń σ_m , σ_L , σ_g , σ_b , patrz także definicję rodzaju naprężeń podaną w 6.4.15.2.3.6. Wartości A i B powinny wynosić co najmniej:

	Stale niklowe i stale węglowo-manganowe	Stale austenityczne	Stopy aluminium
A	3	3,5	4
B	1,5	1,5	1,5

6.4.15.3.3.2 Należy przyjmować następujące kryteria wyboczenia:

Należy określić grubość i kształt zbiorników ciśnieniowych, poddanych ciśnieniu zewnętrznemu oraz działaniu innych sił powodujących naprężenia ściskające w oparciu o obliczenia przeprowadzone z użyciem uznanej teorii wyboczenia zbiornika ciśnieniowego i powinny one odpowiednio uwzględniać różnice między teoretycznymi i rzeczywistymi naprężeniami wyboczącymi powstałymi w wyniku braku osiowości krawędzi płyt, przy owalności i odchyleniach od rzeczywistego kształtu kołowego na określonym łuku lub cięciwie.

6.4.15.3.4 Warunki projektowe dotyczące wytrzymałości zmęczeniowej

6.4.15.3.4.1 W przypadku zbiorników niezależnych typu C, gdy temperatura skroplonego paliwa gazowego przy ciśnieniu atmosferycznym wynosi poniżej -55°C , Administracja może wymagać dodatkowego sprawdzenia zgodności z 6.4.15.3.1.1, w odniesieniu do naprężeń statycznych i dynamicznych, w zależności od rozmiaru zbiorników, ich konfiguracji oraz rozmieszczenia podpór i zamocowań.

6.4.15.3.4.2 W przypadku podciśnieniowych zbiorników izolowanych, należy zwrócić szczególną uwagę na wytrzymałość zmęczeniową konstrukcji podpór oraz należy szczególnie

uwzględnić ograniczone możliwości przeprowadzenia inspekcji między poszyciem zewnętrznym a wewnętrznym.

6.4.15.3.5 Warunki projektowe dotyczące sytuacji awaryjnej

6.4.15.3.5.1 Konstrukcje zbiorników i ich podpór powinny uwzględniać obciążenia awaryjne oraz założenia projektowe podane odpowiednio w 6.4.9.5 oraz 6.4.1.6.3.

6.4.15.3.5.2 W przypadku poddania elementów zbiornika obciążeniom w sytuacjach awaryjnych podanym w 6.4.9.5, wartości naprężeń powinny spełniać kryteria akceptacji podane w 6.4.15.3.3.1 odpowiednio zmodyfikowane po uwzględnieniu ich niższego prawdopodobieństwa wystąpienia.

6.4.15.3.6 Znakowanie

Wymagane znakowanie zbiornika ciśnieniowego należy wykonywać przy użyciu metody nie powodującej niepożądanych wzrostów naprężenia miejscowego.

6.4.15.4 Zbiorniki membranowe

6.4.15.4.1 Podstawa projektowa

6.4.15.4.1.1 Membranowe systemy bezpiecznego magazynowania są projektowane przy założeniu kompensacji rozszerzalności lub kurczliwości cieplnej lub innej nie zagrażającej utratą szczelności membrany.

6.4.15.4.1.2 W celu wykazania, że system będzie spełniał swoje funkcje, należy zastosować podejście systemowe oparte na analizie i próbach z uwzględnieniem zdarzeń zidentyfikowanych w czasie eksploatacji podanych w 6.4.15.4.2.1.

6.4.15.4.1.3 Wymagana jest pełna bariera druga jak określono w 6.4.3. Konstrukcja bariery drugiej powinna spełniać wymagania 6.4.4.

6.4.15.4.1.4 Projektowa prężność par P_0 nie powinna przekraczać 0.025 MPa. W przypadku gdy wymiary kadłuba zostały odpowiednio zwiększone i odpowiednio uwzględniono wytrzymałość podpierającej izolacji termicznej, wartość P_0 można zwiększyć, ale w zakresie do 0,070 MPa.

6.4.15.4.1.5 Definicja zbiornika membranowego nie wyklucza takich konstrukcji, w których stosowane są membrany niemetalowe lub gdzie membrany są częścią izolacji termicznej.

6.4.15.4.1.6 Grubość membran nie powinna z zasady przekraczać 10 mm.

6.4.15.4.1.7 Cyrkulacja gazu obojętnego w obrębie przestrzeni z izolacją podstawową i wtórną, zgodnie z 6.11.1, powinna odpowiadać stosowanym skutecznym środkom wykrywania gazu.

6.4.15.4.2 Zagadnienia projektowe

6.4.15.4.2.1 Należy ocenić potencjalne zdarzenia, które mogą prowadzić do utraty płynoszczelności w okresie eksploatacji membran. Obejmują one co najmniej:

.1 Sytuacje projektowe wymiarujące warunki projektowe:

- .1 uszkodzenia spowodowane rozciąganiem membran;
- .2 przerwanie izolacji termicznej na skutek obciążeń ściskających;
- .3 termiczne starzenie;
- .4 utrata przyczepności między izolacją termiczną a konstrukcją kadłuba;
- .5 utrata przyczepności membran do systemu izolacji termicznej;

- .6 utrata integralności konstrukcyjnej wewnętrznych elementów konstrukcji i elementów podpierających; oraz
 - .7 uszkodzenie podpierającej konstrukcji kadłuba.
- .2 Sytuacje projektowe dotyczące wytrzymałości zmęczeniowej:
- .1 zmęczenie membran włącznie z połączeniami i zamocowaniami do konstrukcji kadłuba;
 - .2 pęknięcie zmęczeniowe izolacji termicznej;
 - .3 zmęczenie wewnętrznych elementów konstrukcji i ich elementów podpierających;
 - .4 pęknięcie zmęczeniowe kadłuba wewnętrznego prowadzące do wnikięcia wody balastowej.
- .3 Sytuacje projektowe awaryjne:
- .1 przypadkowe uszkodzenie mechaniczne (np. upuszczone obiekty wewnątrz zbiornika w czasie jego eksploatacji);
 - .2 przypadkowa nadmierna presuryzacja przestrzeni izolacji termicznej;
 - .3 przypadkowe podciśnienie w zbiorniku; oraz
 - .4 wnikięcie wody przez wewnętrzną konstrukcję kadłuba.

Konstrukcje, gdzie pojedyncze zdarzenie dotyczące elementu wewnętrznego może powodować równoczesne lub kaskadowe uszkodzenie obu membran są niedopuszczalne.

6.4.15.4.2.2 Niezbędne właściwości fizyczne (mechaniczne, cieplne, chemiczne, itp) materiałów stosowanych przy budowie systemu bezpiecznego magazynowania skroplonego paliwa gazowego należy ustalić podczas opracowywania projektu, zgodnie z 6.4.15.4.1.2.

6.4.15.4.3 Obciążenia oraz ich kombinacje

Należy zwrócić szczególną uwagę na ewentualną utratę szczelności zbiornika spowodowaną nadciśnieniem w przestrzeni międzybarierowej, możliwym wystąpieniem podciśnienia w zbiorniku paliwa gazowego, oddziaływaniem sloshingu, drganiami kadłuba lub połączeniem tych czynników.

6.4.15.4.4 Analizy konstrukcji

6.4.15.4.4.1 Należy przeprowadzić analizy i/lub próby w celu określenia krańcowej wytrzymałości oraz ocenę wytrzymałości zmęczeniowej systemu bezpiecznego magazynowania skroplonego paliwa gazowego i związanych elementów konstrukcji i wyposażenia podanych w 6.4.7. Analiza konstrukcji powinna dostarczyć danych niezbędnych do oceny każdego trybu uszkodzenia zidentyfikowanego jako krytyczny dla systemu magazynowania.

6.4.15.4.4.2 Analizy konstrukcji kadłuba powinny uwzględniać ciśnienie wewnętrzne jak podano w 6.4.9.3.3.1. Należy zwrócić szczególną uwagę na ugięcia kadłuba i ich zgodność z membraną oraz izolacją termiczną w tym rejonie.

6.4.15.4.4.3 Analizy wspomniane w 6.4.15.4.4.1 oraz 6.4.15.4.4.2 powinny być oparte na określonych ruchach, przyspieszeniach i reakcjach statku oraz systemu bezpiecznego magazynowania skroplonego paliwa gazowego.

6.4.15.4.5 Wymiarujące warunki projektowe

6.4.15.4.5.1 Należy określić odporność strukturalną każdego ważnego składnika, podsystemu lub zespołu, zgodnie z 6.4.15.4.1.2, w warunkach eksploatacyjnych.

6.4.15.4.5.2 Dobór kryteriów oceny wytrzymałości do trybu awarii systemu bezpiecznego magazynowania skroplonego paliwa gazowego, jego zamocowań do konstrukcji kadłuba oraz wewnętrznych konstrukcji zbiornika powinien uwzględniać skutki związane z rozpatrywanym trybem awarii.

6.4.15.4.5.3 Wymiary wewnętrzne kadłuba powinny odpowiadać przepisom dotyczącym zbiorników wysokich, z uwzględnieniem ciśnienia wewnętrznego, jak podano w 6.4.9.3.3.1, oraz określonym przepisom dotyczącym obciążeń wywołanych sloshingiem, jak określono w 6.4.9.4.1.3.

6.4.15.4.6 Warunki projektowe dotyczące wytrzymałości zmęczeniowej

6.4.15.4.6.1 Analiza wytrzymałości zmęczeniowej powinna być przeprowadzona w odniesieniu do konstrukcji znajdujących się wewnątrz zbiornika, tj. kolumn pomp oraz dla tych fragmentów membrany oraz zamocowań kolumn pomp, dla których rozwijające się uszkodzenie nie może być skutecznie wykryte przez stały monitoring.

6.4.15.4.6.2 Należy przeprowadzić obliczenia wytrzymałości zmęczeniowej zgodnie z 6.4.12.2, z uwzględnieniem właściwych wymagań dotyczących:

- .1 istotności elementów konstrukcji w odniesieniu do integralności konstrukcji; oraz
- .2 dostępności w celu inspekcji.

6.4.15.4.6.3 W przypadku elementów konstrukcji, dla których można wykazać poprzez próby i/lub analizy, że pęknięcie nie rozprzestrzeni się na tyle aby spowodować jednoczesne lub kaskadowe uszkodzenie obu membran, C_w powinno być mniejsze lub równe 0,5.

6.4.15.4.6.4 Elementy konstrukcyjne poddawane przeglądowi okresowemu oraz te, w których niewykryte pęknięcie zmęczeniowe może rozprzestrzenić się powodując uszkodzenie jednoczesne lub kaskadowe obu membran, powinny spełniać przepisy dotyczące zmęczenia materiału i mechaniki pęknięć podane w 6.4.12.2.8.

6.4.15.4.6.5 Element konstrukcyjny, który nie jest dostępny w celu inspekcji w czasie eksploatacji, a którego pęknięcie może się rozprzestrzenić nieoczekiwanie powodując jednoczesne lub kaskadowe uszkodzenie obu membran, powinien spełniać przepisy dotyczące zmęczenia materiału i mechaniki pęknięć podane w 6.4.12.2.9.

6.4.15.4.7 Warunki projektowe dotyczące sytuacji awaryjnej

6.4.15.4.7.1 System bezpiecznego magazynowania paliwa oraz podpierające elementy konstrukcji kadłuba powinny być zaprojektowane z uwzględnieniem obciążeń w sytuacjach awaryjnych podanych w 6.4.9.5. Obciążenia te nie muszą być łączone ze sobą nawzajem lub z obciążeniami środowiskowymi.

6.4.15.4.7.2 Należy określić dodatkowe właściwe scenariusze w sytuacjach awaryjnych za pomocą analizy ryzyka. Należy zwrócić szczególną uwagę na urządzenia mocujące znajdujące się wewnątrz zbiorników.

6.4.16 Obliczenia dla stanu nośności granicznej dla nowatorskich rozwiązań

6.4.16.1 Systemy bezpiecznego magazynowania paliwa wykorzystujące nowatorskie rozwiązania, które nie mogą być projektowane według zasad opisanych w rozdziale 6.4.15, powinny być projektowane wg postanowień niniejszego rozdziału oraz odpowiednio 6.4.1 do 6.4.14. Zgodnie z niniejszym rozdziałem projekt systemu bezpiecznego magazynowania paliwa powinien być oparty na zasadach stanu granicznego, co jest podejściem do projektowania konstrukcji stosowanym zarówno do ustalonych rozwiązań konstrukcyjnych jak i do rozwiązań nowatorskich. To bardziej rodzajowe podejście pozwala na utrzymanie

poziomu bezpieczeństwa podobnego do osiąganego w przypadku znanych systemów bezpiecznego magazynowania, projektowanych zgodnie z 6.4.15.

6.4.16.2.1 Projekt oparty na analizie stanu nośności granicznej jest podejściem systematycznym, w którym każdy element konstrukcji jest obliczany w odniesieniu do możliwych stanów uszkodzeń związanych z założeniami projektowymi określonymi w 6.4.1.6. Stan nośności granicznej można zdefiniować jako stan, po przekroczeniu którego konstrukcja lub jej część nie odpowiada już wymaganiom przepisów.

6.4.16.2.2 Dla każdego stanu uszkodzenia może być właściwy co najmniej jeden stan nośności granicznej. Poprzez uwzględnienie wszystkich właściwych stanów nośności granicznej obciążenie graniczne elementu konstrukcji określane jest jako minimalne obciążenie graniczne wynikające ze wszystkich właściwych stanów nośności granicznej. Stany nośności granicznej dzieli się na trzy poniższe kategorie:

- .1 Stany nośności granicznej (Ultimate limit states (ULS)), które odpowiadają maksymalnej zdolności przenoszenia obciążeń lub, w niektórych przypadkach, maksymalnemu naprężeniu lub odkształceniu w stanie nienaruszonym (nieuszkodzonym).
- .2 Stany nośności granicznej zmęczeniowe (Fatigue limit states (FLS)), które odpowiadają stanom degradacji zmęczeniowej spowodowanym zmieniającymi się w czasie (cyklicznymi) obciążeniami.
- .3 Stany nośności granicznej awaryjne (Accident limit states (ALS)), które dotyczą odporności konstrukcji na sytuacje awaryjne.

6.4.16.3 Procedura i odpowiednie parametry projektowe stanu nośności granicznej powinny spełniać wymagania Norm stosowania metodologii stanów granicznych w projektowaniu systemów bezpiecznego magazynowania paliwa o konfiguracji nowatorskiej (Norma LSD), podanych w aneksie do Części A-1.

6.5 Przepisy dotyczące przenośnych zbiorników skroplonego paliwa gazowego

6.5.1 Konstrukcja zbiornika powinna spełniać wymagania 6.4.15.3. Podpora zbiornika (rama kontenera lub podwozie ciężarówki) powinny być dostosowane do swojego przeznaczenia.

6.5.2 Przenośne zbiorniki paliwa powinny być umieszczone w przeznaczonych do tego rejonach wyposażonych w:

- .1 mechaniczne środki ochrony zbiorników dostosowane do miejsca i operacji ładunkowych;
- .2 w przypadku umieszczenia na pokładzie otwartym: systemy ochrony przed rozlewami oraz systemy zraszaczy wodnych w celu chłodzenia; oraz
- .3 w przypadku umieszczenia w pomieszczeniu zamkniętym: pomieszczenie to powinno być uznane za przestrzeń przyłączeniową zbiornika.

6.5.3 Przenośne zbiorniki paliwa po podłączeniu do instalacji na statku powinny być zamocowane do pokładu. Konstrukcja urządzeń do podparcia i mocowania zbiorników powinna uwzględniać maksymalne oczekiwane wartości nachylenia statycznego i dynamicznego oraz maksymalne oczekiwane wartości przyspieszeń, z uwzględnieniem charakterystyki statku i położenia zbiorników.

6.5.4 Należy uwzględniać wytrzymałość oraz wpływ zainstalowania zbiorników przenośnych na stateczność statku.

6.5.5 Podłączenia do instalacji rurociągów paliwowych statku powinny być wykonane z wykorzystaniem zatwierdzonych węży elastycznych lub innych odpowiednich środków zapewniających wystarczającą elastyczność.

6.5.6 Należy przewidzieć środki służące ograniczaniu ilości paliwa rozlanego w przypadku niezamierzonego rozłączenia lub pęknięcia połączeń tymczasowych.

6.5.7 System redukcji ciśnienia zbiorników przenośnych powinien być podłączony do stałej instalacji odprowadzania gazu.

6.5.8 Systemy sterowania i monitoringu przenośnych zbiorników paliwowych powinny być zintegrowane z systemami sterowania i monitoringu statku. Systemy bezpieczeństwa przenośnych zbiorników paliwowych (np. systemy awaryjnego wyłączenia zaworów zbiorników, systemy wykrywania wycieków/gazu) powinny być zintegrowane z systemem bezpieczeństwa statku.

6.5.9 Należy zapewnić bezpieczny dostęp do przyłączy zbiorników w celu inspekcji i konserwacji.

6.5.10 Po podłączeniu do instalacji rurociągów paliwowych statku,

.1 z wyjątkiem systemu redukcji ciśnienia opisanego w 6.5.6, powinna istnieć możliwość odcięcia każdego zbiornika przenośnego w dowolnym czasie;

.2 odcięcie jednego zbiornika nie może pogarszać dostępności pozostałych zbiorników przenośnych; oraz

.3 zbiornik nie powinien być napełniany powyżej poziomów napełnienia podanych w 6.8.

6.6 Przepisy dotyczące magazynowania paliwa gazowego w postaci sprężonej (CNG)

6.6.1 Zbiorniki do magazynowania paliwa CNG powinny być certyfikowane i zatwierdzone przez Administrację.

6.6.2 Zbiorniki paliwa CNG powinny być wyposażone w zawory nadmiarowe, których nastawa powinna być ustawiona poniżej ciśnienia obliczeniowego zbiornika, a wylot umieszczony zgodnie z wymaganiami 6.7.2.7 i 6.7.2.8.

6.6.3 Należy przewidzieć odpowiednie urządzenia służące zredukowaniu ciśnienia w zbiorniku w przypadku pożaru, który może go objąć.

6.6.4 Magazynowanie CNG w przestrzeniach zamkniętych jest z zasady niedopuszczalne, ale może być dozwolone po specjalnym rozpatrzeniu i zatwierdzeniu przez Administrację, pod warunkiem spełnienia, oprócz 6.3.4 do 6.3.6, poniższych wymagań:

.1 przewidziano odpowiednie urządzenia służące zredukowaniu ciśnienia oraz wypełnieniu go gazem obojętnym w przypadku pożaru, który może go objąć;

.2 wszystkie powierzchnie w obrębie takich zamkniętych przestrzeni, w których magazynuje się paliwo CNG, zostały wyposażone w odpowiednią ochronę termiczną zabezpieczającą przed wypływem sprężonego gazu i wynikającą z tego kondensacją, jeśli grodzie nie zostały zaprojektowane tak aby wytrzymać najniższe temperatury, które mogą powstawać w wyniku wycieku rozprężającego się gazu; oraz

.3 w przestrzeniach zamkniętych, w których magazynuje się paliwo CNG została zainstalowana stała instalacja gaśnicza. Należy szczególnie uwzględnić gaszenie pożarów strumieniowych.

6.7 Wymagania dotyczące systemu redukcji ciśnienia

6.7.1 Postanowienia ogólne

6.7.1.1 Wszystkie zbiorniki paliwa powinny być wyposażone w system redukcji ciśnienia odpowiedni do konstrukcji systemu magazynowania paliwa oraz przewożonego paliwa. Przestrzenie magazynowania paliwa, przestrzenie międzybarierowe, przestrzenie przyłączeniowe zbiornika oraz jego koferdamy, na które mogą oddziaływać ciśnienia przekraczające ich parametry projektowe, powinny także być wyposażone w odpowiedni system redukcji ciśnienia. Systemy kontroli ciśnienia określone w 6.9 powinny być niezależne od systemów redukcji ciśnienia.

6.7.1.2 Zbiorniki paliwa, na które może oddziaływać ciśnienie zewnętrzne przekraczające ich ciśnienie projektowe powinny być wyposażone w zabezpieczenia przed podciśnieniem.

6.7.2 Systemy redukcji ciśnienia zbiorników skroplonego paliwa gazowego

6.7.2.1 W przypadku gdy nie można wykluczyć wycieku paliwa do przestrzeni podciśnieniowej zbiornika izolowanego podciśnieniowo umieszczonego pod pokładem, przestrzeń ta powinna być zabezpieczona nadmiarowym zaworem ciśnieniowym, przyłączonym do instalacji odprowadzania gazów. W przypadku zbiorników umieszczonych na pokładzie otwartym o rozmiarze nie przekraczającym kontenera 40 stopowego, Administracja może zaakceptować bezpośrednie usuwanie gazów do atmosfery jeśli nie będą one mogły przedostać się do rejonów bezpiecznych.

6.7.2.2 Zbiorniki skroplonego paliwa gazowego powinny być wyposażone w co najmniej dwa nadmiarowe zawory ciśnieniowe pozwalające na odłączenie jednego z nich w przypadku nieprawidłowego działania lub wycieku.

6.7.2.3 Przestrzenie międzybarierowe powinny być wyposażone w nadmiarowe zawory ciśnieniowe¹². W przypadku systemów membranowych, projektant powinien wykazać, że przyjęto odpowiednie rozmiary zaworów nadmiarowych przestrzeni międzybarierowej.

6.7.2.4 Wartość nastawy nadmiarowego zaworu ciśnieniowego nie powinna być wyższa od ciśnienia par zastosowanego przy projektowaniu zbiornika. Zawory, których zdolność upustowa jest nie większa od 50% zdolności całkowitej mogą mieć wartość nastawy do 5% powyżej wartości MARVS, w celu umożliwienia ich sekwencyjnego podnoszenia, minimalizując niepożądany upust par.

6.7.2.5 W przypadku nadmiarowych zaworów ciśnieniowych zainstalowanych w systemach redukcji ciśnienia mają zastosowanie poniższe wymagania dotyczące temperatury:

- .1** konstrukcja i rozmieszczenie zaworów zainstalowanych na zbiornikach paliwa o temperaturze projektowej poniżej 0°C powinny być takie aby zapobiegać ich wyłączeniu z działania na skutek tworzenia się lodu;
- .2** w budowie i rozmieszczeniu zaworów należy uwzględnić oddziaływanie tworzenia się lodu wynikające z temperatury otoczenia;
- .3** zawory nadmiarowe powinny być zbudowane z materiałów posiadających temperaturę topnienia powyżej 925°C. Mogą być akceptowane materiały o niższej temperaturze topnienia stosowane na części wewnętrzne i uszczelnienia, pod warunkiem że nie pogorszy to bezpieczeństwa działania zaworów; oraz

¹² Patrz Ujednolicone Interpretacje IACS GC9 – Wytyczne dotyczące wymiarowania systemów redukcji ciśnienia dla przestrzeni międzybarierowych, 1988

.4 linie pomiarowe i wylotowe zaworów nadmiarowych z linią pilotowa powinny mieć solidną budowę zapobiegającą uszkodzeniom.

6.7.2.6 W przypadku awarii nadmiarowego zaworu ciśnieniowego zbiornika paliwowego powinny być przewidziane bezpieczne środki awaryjnego odcięcia.

.1 należy ustanowić odpowiednie procedury i włączyć je do podręcznika obsługi (patrz rozdział 18);

.2 procedury te powinny zezwalać na odcinanie tylko jednego z zainstalowanych nadmiarowych zaworów ciśnieniowych na zbiornikach paliwa gazowego, funkcjonalność ta powinna być osiągnięta przy użyciu blokad fizycznych; oraz

.3 odcięcie zaworu powinno odbywać się pod nadzorem kapitana, a czynność tę należy odnotować w dzienniku pokładowym oraz opisać przy zaworze.

6.7.2.7 Każdy nadmiarowy zawór ciśnieniowy zainstalowany na zbiorniku skroplonego paliwa gazowego powinien być przyłączony do instalacji odprowadzania gazów, która powinna być:

.1 zbudowana tak, aby usuwanie gazów nie było zakłócone i aby było kierowane normalnie pionowo w górę przy wylocie;

.2 usytuowana tak, aby zminimalizować możliwość przedostania się wody lub śniegu do systemu odprowadzania gazów; oraz

.3 usytuowana tak, aby jej wyloty znajdowały się normalnie nie niżej niż na wysokości B/3 lub 6 m, w zależności od tego która jest większa, ponad pokładem otwartym i 6 m ponad rejonami roboczymi i przejściami. Wysokość masztów wentylacyjnych może być jednak ograniczona do tej niższej wartości, po specjalnym rozpatrzeniu przez Administrację.

6.7.2.8 Wylot odprowadzenia z nadmiarowych zaworów ciśnieniowych powinien normalnie znajdować się co najmniej 10 m od najbliższego:

.1 wlotu powietrza, wylotu powietrza lub otworu prowadzącego do pomieszczeń mieszkalnych, służbowych i posterunków dowodzenia lub innych rejonów bezpiecznych; oraz

.2 wylotu spalin z urządzeń maszynowych.

6.7.2.9 Wszystkie pozostałe wyloty odprowadzeń gazów paliwowych powinny być umiejscowione zgodnie z 6.7.2.7 oraz 6.7.2.8. Należy przewidzieć środki zapobiegające przelewaniu się cieczy z wylotów odprowadzania gazów, będącemu wynikiem ciśnienia hydrostatycznego działającego z przestrzeni, do której prowadzi dana instalacja.

6.7.2.10 W instalacjach odprowadzających gazy należy przewidzieć urządzenia do odprowadzania cieczy z miejsc gdzie może się ona zbierać. Zawory nadmiarowe i rurociągi należy tak umiejscowić, aby ciecz nie mogła się w żadnym przypadku zbierać w zaworach lub przy nich.

6.7.2.11 Na wylotach kanałów odprowadzających gazy należy zainstalować odpowiednie ekrany ochronne o wymiarach oczek siatki nie większych niż 13 mm², w celu zapobiegania wnikaniu ciał obcych i tak, aby przepływ gazów nie był zakłócony.

6.7.2.12 Konstrukcja i umiejscowienie wszystkich kanałów odprowadzających gazy powinna być taka, aby nie zostały one uszkodzone przez zmiany temperatury, na które mogą być narażone oraz przez siły spowodowane przepływem lub ruchami statku.

6.7.2.13 Nadmiarowe zawory ciśnieniowe powinny być podłączone do najwyższej części zbiornika paliwowego. Zawory powinny być umieszczone na zbiorniku paliwa tak, aby pozostały w fazie par przy poziomie napełnienia podanym w 6.8, przy kącie przechyłu 15° oraz przegłębieniu 0.015L, gdzie L zdefiniowano w 2.2.25.

6.7.3 Wymiarowanie systemu redukcji ciśnienia

6.7.3.1 Wymiarowanie nadmiarowych zaworów ciśnieniowych

6.7.3.1.1 Nadmiarowe zawory ciśnieniowe powinny mieć łączną wydajność upuszczania ciśnienia dla każdego zbiornika skroplonego paliwa gazowego taką, aby usunąć większą wartość z niżej podanych, przy nie więcej niż 20% wzroście ciśnienia w zbiorniku paliwa gazowego ponad wartość MARVS:

.1 maksymalna wydajność instalacji napełniania gazem obojętnym zbiornika skroplonego paliwa gazowego w przypadku gdy maksymalne osiągalne ciśnienie robocze instalacji napełniania gazem obojętnym przekracza wartość MARVS zbiorników; lub

.2 ilość par wytworzonych w warunkach pożaru, obliczona przy użyciu następującego wzoru:

$$Q = FGA^{0.82} \text{ (m}^3\text{/s)}$$

gdzie:

Q = minimalna wymagana szybkość usuwania powietrza w warunkach standardowych 273,15 Kelvina (K) oraz 0,1013 MPa.

F = współczynnik narażenia pożarowego dla różnych typów skroplonego paliwa gazowego:

$F = 1,0$ dla zbiorników bez izolacji umieszczonych na pokładzie;

$F = 0,5$ dla zbiorników powyżej pokładu, gdy izolacja została zatwierdzona przez Administrację. (Zatwierdzenie będzie oparte na stosowaniu materiału odpornego na ogień, przewodności cieplnej izolacji oraz jej stabilności przy narażeniu na ogień);

$F = 0,5$ dla niez izolowanych zbiorników niezależnych umieszczonych w ładowniach;

$F = 0,2$ dla izolowanych zbiorników niezależnych w ładowniach (lub niez izolowanych zbiorników niezależnych w izolowanych ładowniach);

$F = 0,1$ dla izolowanych zbiorników niezależnych w ładowniach wypełnianych gazem obojętnym (lub dla niez izolowanych zbiorników niezależnych w izolowanych ładowniach wypełnianych gazem obojętnym); oraz

$F = 0,1$ dla zbiorników membranowych.

W przypadku zbiorników niezależnych częściowo wystających ponad pokłady otwarte, współczynnik narażenia pożarowego powinien być określony na podstawie powierzchni znajdujących się ponad pokładem i poniżej niego.

G = współczynnik gazowy obliczany zgodnie ze wzorem:

$$G = 12,4/LD \times \sqrt{ZT/M}$$

gdzie:

T = temperatura w stopniach Kelvina w warunkach dekompresji, tj. przy 120% ciśnienia nastawy zaworu nadmiarowego;

L = utajona energia odparowywanego materiału w warunkach dekompresji, w kJ/kg;

D = stała oparta na wartości k stosunku ciepł właściwych obliczana w sposób następujący:

$$D = \sqrt{k(2/(k+1))^{(k+1)/(k-1)}}$$

gdzie:

k = stosunek ciepł właściwych w warunkach dekompresji, którego wartość mieści się między 1,0 a 2,2. Jeśli k nie jest znane, powinna być stosowana wartość $D = 0,606$;

Z = współczynnik ściśliwości gazu w warunkach dekompresji; jeśli nie jest znany, należy stosować wartość $Z = 1,0$;

M = masa molekularna produktu.

Należy obliczyć współczynnik gazowy każdego skroplonego paliwa gazowego, które ma być przewożone, a najwyższa jego wartość powinna być zastosowana do ustalenia parametrów nadmiarowego zaworu ciśnieniowego.

A = zewnętrzna powierzchnia zbiornika (m^2), pokazana na rys. 6.7.1 dla różnych typów zbiorników.

Zbiorniki cylindryczne z kuliście wklęsłymi, półkulistymi lub półelipsoidalnymi kopułami lub zbiorniki kuliste

Odcinek L wyłączony
Zbiorniki pryzmatyczne

Excluded – wyłączone
Zbiorniki bliźniacze

Excluded – wyłączone

Układ zbiorników cylindrycznych w przekroju poziomym

Rys. 6.7.1

6.7.3.1.2 W przypadku zbiorników izolowanych podciśnieniowo zlokalizowanych w przestrzeniach magazynowania paliwa oraz zbiorników w przestrzeniach magazynowania paliwa oddzielonych od pomieszczeń stwarzających zagrożenie pożarowe koferdamami lub otoczonych przestrzeniami, w których nie ma zagrożenia pożarem, zastosowanie mają poniższe wymagania:

Jeśli wydajność nadmiarowych zaworów ciśnieniowych ma być dostosowana do zagrożenia pożarowego współczynniki narażenia pożarowego mogą być odpowiednio zredukowane do następujących wartości:

$$F = 0,5 \text{ do } F = 0,25$$

$$F = 0,2 \text{ do } F = 0,1$$

Minimalny współczynnik narażenia pożarowego wynosi $F = 0,1$

6.7.3.1.3 Wymagane natężenie przepływu powietrza w warunkach dekompresji jest określone następująco:

$$M_{air} = Q * \rho_{air} \text{ (kg/s)}$$

gdzie gęstość powietrza (ρ_{air}) = 1,293 kg/m³ (powietrze przy 273,15 K, 0,1013 MPa).

6.7.3.2 Wymiarowanie instalacji odprowadzania gazów

6.7.3.2.1 Przy ustalaniu wymiarów zaworów należy uwzględnić straty ciśnienia przed i za nadmiarowym zaworem ciśnieniowym, aby zapewnić przepływ wymagany w 6.7.3.1.

6.7.3.2.2 Straty ciśnienia przed zaworem

.1 spadek ciśnienia w przewodzie odprowadzania gazów na odcinku ze zbiornika do zaworu nadmiarowego nie powinien przekraczać 3% wartości nastawy zaworu przy obliczanej szybkości przepływu, zgodnie z 6.7.3.1;

.2 straty ciśnienia w przewodzie dolotowym zaworu nie powinny mieć wpływu na zawory nadmiarowe z linią pilotową, jeśli czujka działa bezpośrednio z kopuły zbiornika; oraz

.3 w przypadku linii pilotowych przepływowych należy uwzględnić straty ciśnienia w przewodach pilotowych ze zdalnym odczytem.

6.7.3.2.3 Straty ciśnienia za zaworem

.1 W przypadku gdy zainstalowane są wspólne kolektory i maszty odprowadzania gazów, w obliczeniach należy uwzględnić przepływ ze wszystkich dołączonych zaworów nadmiarowych.

.2 Tworzące się ciśnienie wsteczne w rurociągu odprowadzającym gazy od wylotu zaworu do miejsca ich usuwania do atmosfery, z uwzględnieniem połączeń rurociągów wentylacyjnych z innymi zbiornikami, nie powinno przekraczać poniższych wartości:

.1 dla zaworu nadmiarowego niewyważonego: 10% MARVS;

.2 dla zaworu nadmiarowego wyważonego: 30% MARVS; oraz

.3 dla zaworów nadmiarowych z linią pilotową: 50% MARVS.

Mogą być zaakceptowane inne wartości przewidziane przez producenta zaworu.

6.7.3.2.4 W celu zapewnienia stabilnego działania zaworu nadmiarowego, przedmuch nie powinien być mniejszy niż suma strat ciśnienia dolotowego i 0,02 wartości MARVS przy wydajności znamionowej.

6.8 Granica ładowności zbiorników skroplonego paliwa gazowego

6.8.1 Zbiorniki do magazynowania skroplonego paliwa gazowego nie powinny być zapełniane bardziej niż do 98 % pełnej objętości przy temperaturze odniesienia określonej w 2.2.36.

Wykres granicy załadowania dla rzeczywistych temperatur napełniania paliwa powinien być sporządzony przy zastosowaniu następującego wzoru:

$$LL = FL \rho_R / \rho_L$$

gdzie:

LL = granica ładowności określona w 2.2.27, wyrażona w %;

FL = granica napełniania określona w 2.2.16, wyrażona w %, tutaj 98%;

ρ_R = gęstość względna paliwa w temperaturze odniesienia; oraz

ρ_L = gęstość względna paliwa w temperaturze załadowania.

6.8.2 W przypadku gdy ze względu na izolację i umiejscowienie zbiornika rozgrzanie zawartości zbiornika z powodu pożaru na zewnątrz zbiornika jest bardzo mało prawdopodobne, można w sposób szczególny rozważyć zezwolenie na wyższą granicę ładowności niż obliczona przy zastosowaniu temperatury odniesienia, ale nie może ona przekroczyć 95%. Dotyczy to także przypadków, gdy zainstalowano drugą instalację służącą utrzymaniu ciśnienia (patrz 6.9). Jeśli jednak ciśnienie może być utrzymywane/kontrolowane jedynie za pomocą odbiorników paliwa, należy stosować granicę ładowności obliczoną według 6.8.1.

6.9 Utrzymywanie warunków magazynowania paliwa

6.9.1 Kontrola ciśnienia i temperatury zbiornika

6.9.1.1 Z wyjątkiem zbiorników skroplonego paliwa gazowego zaprojektowanych tak aby wytrzymały pełne ciśnienie manometryczne par paliwa w górnym zakresie projektowych temperatur otoczenia, ciśnienie i temperatura zbiorników skroplonego paliwa gazowego powinny być cały czas utrzymywane w ich przedziale projektowym przy użyciu środków akceptowanych przez Administrację, np. poprzez jedną z następujących metod:

- .1 ponowne skraplanie par;
- .2 termiczne utlenianie par;
- .3 akumulacja ciśnienia; lub
- .4 schładzanie skroplonego paliwa gazowego.

Wybrana metoda powinna pozwalać na utrzymywanie ciśnienia zbiornika poniżej wartości nastawy jego nadmiarowych zaworów ciśnieniowych przez 15 dni, zakładając że zbiornik jest napełniony w całości przy normalnym ciśnieniu eksploatacyjnym i że statek jest w stanie bezpiecznym, tzn. wytwarzana jest tylko energia dla funkcji gospodarczych.

6.9.1.2 Odprowadzanie par paliwa w celu kontroli ciśnienia zbiornika jest niedopuszczalne, z wyjątkiem sytuacji awaryjnych.

6.9.2 Projekt systemów

6.9.2.1 W przypadku żeglugi nieograniczonej, górna projektowa temperatura otoczenia powinna wynosić dla wody morskiej 32°C a dla powietrza 45°C. W przypadku żeglugi w szczególnie gorących lub zimnych strefach powyższe temperatury projektowe mogą być podwyższone lub obniżone, według uznania Administracji.

6.9.2.2 Ogólna wydajność systemu powinna pozwalać na kontrolowanie ciśnienia w ramach warunków projektowych bez odprowadzania gazów do atmosfery.

6.9.3 Instalacje ponownego skraplania

6.9.3.1 Projekt i obliczenia instalacji ponownego skraplania należy wykonać zgodnie z 6.9.3.2. Instalacja powinna być zaprojektowana w odpowiedni sposób również dla przypadku braku lub niskiego zużycia paliwa.

6.9.3.2 Instalacja ponownego skraplania powinna być zaprojektowana na jeden z poniższych sposobów:

- .1 system bezpośredni gdy odparowane paliwo jest kompresowane, skraplane i kierowane z powrotem do zbiorników paliwa;
- .2 system pośredni, gdy paliwo lub odparowane paliwo jest schładzane lub skraplane przez użycie czynnika chłodzącego, bez kompresowania;
- .3 system mieszany, gdy odparowane paliwo jest kompresowane i skraplane w wymienniku ciepła paliwa/chłodziwa i kierowane do zbiorników paliwowych; lub
- .4 w przypadku gdy instalacja ponownego skraplania, w czasie kontroli ciśnienia w warunkach projektowych, wytwarza strumień odpadów gazowych zawierający metan, te gazy odpadowe powinny, na ile to praktyczne, być usuwane bez odprowadzania do atmosfery.

6.9.4 Systemy utleniania termicznego

6.9.4.1 Utlenianie termiczne może być przeprowadzane przez zużywanie par zgodnie z wymaganiami dla urządzeń odbiorczych podanymi w niniejszym kodeksie lub w specjalnie przeznaczonym do tego urządzeniu do spalania gazu. Należy wykazać, że wydajność systemu utleniania wystarcza do zużycia wymaganej ilości par. W związku z tym należy uwzględnić okresy wolnego parowania i/lub braku odbioru przez urządzenia napędowe i inne urządzenia statku.

6.9.5 Zgodność

6.9.5.1 Czynniki chłodzące lub pomocnicze stosowane do mrożenia lub chłodzenia paliwa powinny być dostosowane do paliwa, z którym mogą się zetknąć (nie powodując powstawania niebezpiecznych reakcji lub substancji żrących). Dodatkowo, w przypadku zastosowania kilku czynników lub środków chłodniczych, powinny być one zgodne ze sobą nawzajem.

6.9.6 Gotowość eksploatacyjna systemów

6.9.6.1 System i jego wspomagające urządzenia pomocnicze powinny być na tyle gotowe do eksploatacji, że w przypadku pojedynczej awarii (mechanicznego niestatycznego komponentu lub komponentu systemu sterowania) ciśnienie i temperatura zbiornika paliwa będą mogły być utrzymane przez inne urządzenie/system.

6.9.6.2 Wymienniki ciepła, które służą wyłącznie do utrzymania ciśnienia i temperatury zbiorników ciśnienia w ich przedziale projektowym powinny mieć wymiennik rezerwowy, chyba że ich wydajność przekracza o 25% największą wydajność wymaganą do kontroli ciśnienia i mogą być one naprawiane na statku bez użycia środków zewnętrznych.

6.10 Kontrola atmosferyczna w obrębie systemu magazynowania paliwa

6.10.1 Instalacja rurociągów powinna być tak zaprojektowana, aby możliwe było bezpieczne odgazowanie każdego zbiornika paliwa oraz jego bezpieczne napełnienie paliwem po odgazowaniu. System powinien pozwalać na zredukowanie możliwości tworzenia się kieszeni gazu lub powietrza pozostałego po wymianie atmosfery.

6.10.2 Projekt systemu powinien pozwalać na zredukowanie możliwości tworzenia się mieszaniny palnej w zbiorniku paliwowym w czasie wymiany atmosfery poprzez wykorzystanie czynnika obojętnego w ramach etapu pośredniego.

6.10.3 Każdy ze zbiorników paliwa powinien posiadać miejsca próbkowania gazu pozwalające na monitorowanie wymiany atmosfery.

6.10.4 Gaz obojętny wykorzystywany do odgazowania zbiorników paliwowych może być dostarczany ze źródeł zewnętrznych.

6.11 Kontrola atmosfery w obrębie przestrzeni magazynowania paliwa (systemy magazynowania paliwa inne niż zbiorniki niezależne typu C).

6.11.1 Przestrzenie międzybarierowe oraz magazynowania paliwa związane z systemami magazynowania skroplonego paliwa gazowego wymagające pełnej lub częściowej bariery drugiej powinny być wypełniane odpowiednim suchym gazem obojętnym i utrzymywane w stanie zubożonym poprzez użycie gazu obojętnego dostarczanego przez system wytwarzania gazu obojętnego statku lub przez magazyny statku, który powinien wystarczać do pokrycia normalnego zapotrzebowania przez co najmniej 30 dni. Administracja może rozważyć krótsze okresy w zależności od eksploatacji statku.

6.11.2 Alternatywnie, przestrzenie wymienione w 6.11.1, wymagające tylko częściowej bariery drugiej mogą być wypełnione suchym powietrzem jeśli na statku utrzymywany jest zapas gazu obojętnego lub znajduje się na nim system wytwarzania takiego gazu wystarczający do wypełnienia gazem obojętnym największych z tych przestrzeni oraz pod warunkiem, że konfiguracja tych przestrzeni i odpowiednie systemy wykrywania par w połączeniu z wydajnością urządzeń gazu obojętnego, zapewniają szybkie wykrycie każdego wycieku ze zbiorników skroplonego paliwa gazowego oraz przeprowadzenie napełniania gazem obojętnym zanim rozwiną się stany niebezpieczne. Należy przewidzieć odpowiedniej jakości wyposażenie służące do dostarczania wystarczającej ilości suchego powietrza.

6.12 Kontrola środowiskowa przestrzeni otaczających zbiorniki niezależne typu C

6.12.1 Przestrzenie otaczające zbiorniki skroplonego paliwa gazowego powinny być wypełnione odpowiednim suchym powietrzem i utrzymywane w tym stanie poprzez suche powietrze dostarczane przez odpowiednie urządzenia służące do jego osuszania. Dotyczy to tylko zbiorników skroplonego paliwa gazowego, w których zachodzi skraplanie i zalodzenie ze względu na zimne powierzchnie.

6.13 Wypełnianie gazem obojętnym

6.13.1 Należy zainstalować podane niżej urządzenia zapobiegające powrotnemu przepływowi par paliwa do systemu gazu obojętnego.

6.13.2 W celu zapobiegania powrotowi gazu palnego do przestrzeni bezpiecznych, rurociąg gazu obojętnego powinien być wyposażony w dwa zawory odcinające umieszczone szeregowo, między którymi znajduje się zespół zaporowo-upustowy. Dodatkowo, między zespołem zaporowo-upustowym a systemem paliwowym należy zainstalować zawór zaporowo-zwrotny. Zawory te powinny być umieszczone poza przestrzeniami bezpiecznymi.

6.13.3 W przypadku gdy połączenia z systemem rurociągów paliwowych nie są stałe, zamiast zaworów wymaganych w 6.13.2 mogą być zainstalowane dwa zawory zwrotne.

6.13.4 Należy zapewnić środki pozwalające na odcięcie każdej przestrzeni napełnianej gazem obojętnym oraz przewidzieć niezbędne środki kontroli oraz zawory nadmiarowe, itp. umożliwiające kontrolę ciśnienia w tych przestrzeniach.

6.13.5 W przypadku gdy przestrzenie izolujące są w sposób ciągły zaopatrywane w gaz obojętny w ramach systemu wykrywania przecieków, należy przewidzieć środki do monitorowania ilości gazu dostarczanego do poszczególnych przestrzeni.

6.14 Wytwarzanie i magazynowanie gazu obojętnego na statku

6.14.1 Wyposażenie to powinno pozwalać na wytwarzanie gazu obojętnego w którym zawartość tlenu w żadnym momencie nie przekracza 5% objętości. Rurociąg doprowadzający gaz obojętny z tego urządzenia powinien być wyposażony w miernik zawartości tlenu o ciągłym odczycie z sygnałem alarmowym ustawionym na nie więcej niż 5% objętościowej zawartości tlenu.

6.14.2 System gazu obojętnego powinien posiadać środki kontroli ciśnienia oraz urządzenia monitorujące odpowiednie do systemu bezpiecznego magazynowania paliwa.

6.14.3 W przypadku gdy wytwornica azotu lub urządzenia magazynujące azot zostały zainstalowane w oddzielnym pomieszczeniu poza siłownią, wówczas to oddzielne pomieszczenie powinno być wyposażone w system niezależnej mechanicznej wentylacji wyciągowej, pozwalającej na minimum 6 wymian powietrza na godzinę. Należy zainstalować sygnał alarmowy niskiego poziomu tlenu.

6.14.4 Rurociągi azotu powinny być prowadzone tylko przez dobrze wentylowane przestrzenie. Rurociągi te w pomieszczeniach zamkniętych powinny:

- być całkowicie spawane;
- mieć minimalną liczbę połączeń kołnierzowych, jedynie taką jaka jest niezbędna do zamocowania zaworów; oraz
- być jak najkrótsze.

7 MATERIAŁY ORAZ OGÓLNY PROJEKT INSTALACJI RUROCIĄGÓW

7.1 Cel

7.1.1 Celem niniejszego rozdziału jest przedstawienie wymagań dotyczących bezpiecznego prowadzenia operacji związanych z paliwem, we wszystkich warunkach eksploatacyjnych, tak aby zagrożenia dla statku, personelu i środowiska były jak najmniejsze, z uwzględnieniem właściwości wyrobów objętych tym rozdziałem.

7.2 Wymagania funkcjonalne

7.2.1 Niniejszy rozdział jest powiązany z wymaganiami funkcjonalnymi zawartymi w 3.2.1, 3.2.5, 3.2.6, 3.2.8, 3.2.9 oraz 3.2.10. Zastosowanie mają szczególnie poniższe postanowienia:

7.2.1.1 Rurociągi paliwowe powinny być zdolne do kompensowania rozszerzalności lub kurczliwości termicznej wywołanej przez ekstremalne temperatury paliwa, bez powodowania znacznych naprężeń.

7.2.1.2 Należy przewidzieć zabezpieczenia rurociągu, instalacji rurociągu i jej komponentów oraz zbiorników paliwowych przed nadmiernymi naprężeniami wywołanymi skokami temperatur oraz przed ruchami zbiorników oraz konstrukcji kadłuba.

7.2.1.3 W przypadku gdy paliwo gazowe zawiera składniki cięższe, które mogą ulegać kondensacji w instalacji, należy zainstalować urządzenia służące do bezpiecznego usuwania z niej cieczy.

7.2.1.4 Rurociągi zawierające medium o niskiej temperaturze powinny być izolowane termicznie od przyległej konstrukcji kadłuba, tam gdzie jest to niezbędne, aby zapobiec obniżaniu się temperatury konstrukcji poniżej wartości projektowej temperatury materiału kadłuba.

7.3 Wymagania ogólne dla rurociągów

7.3.1 Postanowienia ogólne

7.3.1.1 Rurociągi paliwowe oraz inne rurociągi niezbędne do bezpiecznego i skutecznego działania powinny być oznaczone kolorami, zgodnie z normą co najmniej równoważną tej która jest akceptowana przez Organizację¹³

¹³ Patrz norma EN ISO 14726:2008 Statki i technika morska – kolory identyfikacyjne zawartości rurociągów (Ships and marine technology – Identification colours for the content of piping systems).

7.3.1.2 W przypadku gdy zbiorniki lub rurociągi są odizolowane termicznie od konstrukcji statku, należy przewidzieć ich elektryczne połączenie z konstrukcją kadłuba. Wszystkie uszczelniane złącza rurowe i podłączenia węży powinny być połączone z masą.

7.3.1.3 Wszystkie rurociągi i komponenty, które mogą być odcięte w stanie pełnego napełnienia cieczą, powinny być wyposażone w zawory nadmiarowe.

7.3.1.4 System rurociągów, w którym może znajdować się paliwo o niskiej temperaturze, powinien być izolowany termicznie w takim stopniu aby zminimalizować skraplanie się wilgoci.

7.3.1.5 Rurociągi, inne niż te którymi dostarczane jest paliwo oraz zawierające okablowanie mogą być umieszczane w podwójnych ścianach lub kanałach, pod warunkiem że nie tworzą one źródła zapłonu lub nie pogorszą szczelności podwójnych rur lub kanałów. Rurociągi lub kanały z podwójnymi ścianami powinny zawierać tylko rurociąg lub okablowanie niezbędne do celów eksploatacyjnych.

7.3.2 Grubość ścian

7.3.2.1 Minimalna grubość ścian powinna być obliczana w sposób następujący:

$$t = (t_0 + b + c) / (1 - a/100) \text{ (mm)}$$

gdzie:

t_0 = grubość teoretyczna

$$t_0 = PD / (2,0Ke + P) \text{ (mm)}$$

przy:

P = ciśnienie projektowe (MPa), patrz 7.3.3;

D = średnica zewnętrzna (mm);

K = dopuszczalne naprężenie (N/mm²), patrz 7.3.4; oraz

e = współczynnik skuteczności równy 1.0 dla rur bez szwów oraz dla rur spawanych wzdłużnie lub spiralnie, dostarczonych przez zatwierdzonych producentów rur spawanych, które są uznawane za równoważne do rur bez szwu, gdy przeprowadzane są próby nieniszczące zgodnie z uznanymi normami. W innych przypadkach może być wymagany współczynnik skuteczności niższy od 1,0, zgodnie z uznanymi normami, w zależności od procesu produkcji;

b = naddatek na zginanie (mm). Wartość b powinna być tak dobrana, aby obliczone naprężenie w zgięciu, wywołane jedynie ciśnieniem wewnętrznym, nie przekraczało naprężenia dopuszczalnego. W innych przypadkach, b powinno wynosić:

$$b = D \cdot t_0 / 2,5r \text{ (mm)}$$

gdzie:

r = średni promień zgięcia (mm);

c = naddatek korozyjny (mm). W rejonach gdzie możliwa jest korozja lub erozja należy zwiększyć grubość ścian rurociągu ponad wartość wymaganą w innych przepisach konstrukcyjnych. Ten naddatek powinien odpowiadać oczekiwanemu okresowi eksploatacyjnemu rurociągu; oraz

a = ujemna tolerancja produkcyjna grubości (%).

7.3.2.2 Bezwzględna minimalna wartość grubości ściany powinna być zgodna z normą uznaną przez Administrację.

7.3.3 Warunki projektowe

7.3.3.1 W przypadku rurociągów, ich instalacji oraz komponentów należy stosować największe z poniższych warunków projektowych^{14, 15}:

- .1 w przypadku instalacji lub komponentów, które mogą być odcięte od swoich zaworów nadmiarowych i które zawierają zawsze tylko pary, ciśnienie par w temperaturze 45°C przy założeniu stanu początkowego pary nasyconej w instalacji przy jej ciśnieniu eksploatacyjnym i temperaturze eksploatacyjnej systemu; lub
- .2 wartość nastawy zaworu MARVS zbiorników paliwowych oraz systemów przetwarzania paliwa; lub
- .3 nastawa ciśnienia zaworu nadmiarowego na tłoczeniu powiązanej z instalacją pompy lub sprężarki; lub
- .4 maksymalne całkowite ciśnienie wyładunku lub załadunku instalacji rurociągów paliwowych; lub
- .5 nastawa zaworu nadmiarowego instalacji rurociągów.

7.3.3.2 Ciśnienie obliczeniowe rurociągów, instalacji i komponentów nie powinno być niższe od 1,0 MPa, z wyjątkiem rurociągów z otwartymi końcami, dla których nie powinno być niższe od 0,5 MPa.

7.3.4 Dopuszczalne naprężenia

7.3.4.1 Naprężenia dopuszczalne rurociągów stalowych, także ze stali nierdzewnej, które należy przyjmować we wzorze na grubość ścian podanym w 7.3.2.1, powinny być mniejszą z podanych niżej wartości:

$$R_m/2,7 \text{ lub } R_e/1,8$$

gdzie:

R_m = określona minimalna wytrzymałość na rozciąganie w temperaturze pokojowej (N/mm²); oraz

R_e = określona minimalna granica plastyczności w temperaturze pokojowej (N/mm²). Jeśli krzywa wykresu rozciągania nie wykazuje określonej granicy plastyczności, należy przyjmować umowną granicę plastyczności przy odkształceniu 0.2%.

7.3.4.2 Tam gdzie jest to niezbędne ze względu na wytrzymałość mechaniczną aby zapobiec uszkodzeniu, zgnieceniu, nadmiernemu ugięciu lub wyboczeniu rur ze względu na nadmierne przekazywane obciążenia, należy zwiększyć grubość ścianki ponad wartość wymaganą w 7.3.2 lub, jeśli jest to praktycznie niemożliwe lub spowodowałoby nadmierne naprężenia lokalne, obciążenia te należy zredukować, zapobiegać im lub wyeliminować przez stosowanie innych metod projektowych. Takie nadmierne obciążenia mogą być wywołane przez podpory, odkształcenia kadłuba statku, skok ciśnienia cieczy w czasie przesyłu paliwa, ciężar zamontowanych zaworów, oddziaływanie przyłączy ramion załadunkowych lub inne przyczyny.

¹⁴ W przypadku statków eksploatowanych w rejonach ograniczonych Administracja może zaakceptować niższe wartości temperatur otoczenia w odniesieniu do warunków projektowych opisanych w 7.3.3.1.1.

W przeciwnym przypadku mogą być wymagane wyższe wartości temperatur otoczenia.

¹⁵ W przypadku statków pływających w podróży o ograniczonym czasie trwania, P_0 może być obliczane w oparciu o rzeczywisty wzrost ciśnienia w czasie podróży oraz można uwzględnić izolację termiczną zbiornika. Patrz: Zastosowanie zmian do Kodeksu gazowców dotyczących granic załadowania zbiorników typu C (SIGTTO/IACS)

7.3.4.3 Dopuszczalne naprężenia rur wykonanych z materiałów innych niż stal powinny być rozpatrywane przez Administrację.

7.3.4.4 Wysokociśnieniowe instalacje paliwowe powinny mieć wystarczającą wytrzymałość konstrukcyjną, co powinno zostać potwierdzone poprzez wykonanie analizy naprężeń oraz uwzględnienie:

- .1 naprężeń wywołanych ciężarem rurociągu;
- .2 istotnych obciążeń od przyspieszeń; oraz
- .3 ciśnienia wewnętrznego oraz obciążenia od ugięć i wygięć kadłuba statku.

7.3.4.5 W przypadku gdy temperatura projektowa wynosi -110°C lub niżej, dla każdego odgałęzienia rurociągu należy wykonać pełną analizę naprężeń, z uwzględnieniem wszystkich naprężeń wywołanych ciężarem rurociągu, włącznie z obciążeniami od przyspieszeń jeśli są one znaczne, ciśnienia wewnętrznego, kurczliwości termicznej oraz obciążeń wywołanych wygięciami i ugięciami kadłuba statku.

7.3.5 Elastyczność rurociągów

7.3.5.1 Rurociągi powinny być tak umieszczone i zainstalowane, aby zapewnić ich niezbędną elastyczność w celu utrzymania szczelności instalacji w rzeczywistych warunkach eksploatacyjnych, z uwzględnieniem potencjalnego zmęczenia materiału.

7.3.6 Produkcja rurociągów oraz szczegóły ich łączenia

7.3.6.1 Kołnierze, zawory oraz pozostały osprzęt powinny spełniać wymagania normy uznanej przez Administrację, z uwzględnieniem ciśnienia obliczeniowego określonego w 7.3.3.1. W przypadku kompensatorów mieszkowych i złączy kompensacyjnych wykorzystywanych w odprowadzaniu par, można zaakceptować minimalne ciśnienie obliczeniowe niższe od podanego w 7.3.3.1.

7.3.6.2 Wszystkie zawory i złącza kompensacyjne stosowane w wysokociśnieniowych instalacjach paliwowych powinny być zatwierdzone zgodnie z normą uznaną przez Administrację.

7.3.6.3 Instalacje rurociągów powinny być łączone poprzez spawanie przy jak najmniejszej liczbie połączeń kołnierzowych. Uszczelki należy zabezpieczyć przed rozerwaniem się.

7.3.6.4 Prefabrykacja i montaż rurociągów powinny spełniać następujące wymagania:

7.3.6.4.1 Połączenia bezpośrednie

- .1 Złącza doczołowe spawane z pełnym przetopem na grani mogą być stosowane we wszystkich przypadkach. Dla temperatur projektowych poniżej -10°C , złącza doczołowe powinny być spawane dwustronnie lub w sposób równoważny doczołowej spoinie dwustronnej. Można to wykonać poprzez stosowanie podkładek pierścieniowych, spawanie w wkładką łatwotopliwą lub poprzez stosowanie osłony gazu obojętnego przy pierwszej warstwie. W przypadku ciśnień projektowych przekraczających 1,0 MPa oraz temperatur projektowych -10°C i niższych, podkładki pierścieniowe należy usuwać.
- .2 Spawane połączenia nakładkowe z tulejami i spoinami o wymiarach zgodnych z uznanymi normami powinny być stosowane wyłącznie do rurociągów połączonych z przyrządami oraz tych z otwartymi końcami o średnicy zewnętrznej 50 mm lub mniejszej oraz temperaturze projektowej nie niższej od -55°C .

.3 Połączenia gwintowane zgodne z uznanymi normami powinny być stosowane wyłącznie do rurociągów pomocniczych oraz rurociągów oprzyrządowania o średnicy zewnętrznej 25 mm lub mniejszej.

7.3.6.4.2 Połączenia kołnierzowe

.1 W połączeniach kołnierzowych należy stosować przypawane kołnierze z szyjką, kołnierze nasuwkowe lub z przylgą; oraz

.2 W przypadku wszystkich rurociągów z wyjątkiem tych o otwartych końcach, mają zastosowanie poniższe ograniczenia:

.1 W przypadku temperatur projektowych niższych od -55°C należy stosować wyłącznie przypawane kołnierze z szyjką; oraz

.2 W przypadku temperatur projektowych niższych od -10°C nie powinno się stosować kołnierzy nasuwkowych ze średnicami nominalnymi powyżej 100 mm oraz przypawanych kołnierzy z przylgą ze średnicami nominalnymi powyżej 50 mm.

7.3.6.4.3 Złącza kompensacyjne

W przypadku gdy przewidziano kompensatory mieszkowe oraz złącza kompensacyjne zgodnie z 7.3.6.1, zastosowanie mają poniższe wymagania:

.1 jeśli to niezbędne, kompensatory mieszkowe należy zabezpieczyć przed oblodzeniem;

.2 nie należy stosować złączy nasuwkowych z wyjątkiem rejonów wewnątrz zbiorników skroplonego paliwa gazowego; oraz

.3 kompensatorów mieszkowych nie powinno się co do zasady umieszczać w przestrzeniach zamkniętych.

7.3.6.4.4 Inne połączenia

Rurociągi powinny być łączone zgodnie z postanowieniami 7.3.6.4.1 do 7.3.6.4.3, ale w innych wyjątkowych przypadkach Administracja może rozważyć rozwiązania alternatywne.

7.4 Materiały

7.4.1 Materiały metalowe

7.4.1.1 Materiały stosowane w systemach bezpiecznego magazynowania paliwa i w rurociągach powinny spełniać minimalne wymagania podane w poniższych tabelach:

Tabela 7.1: Blachy, rury (bez szwu i spawane), kształtowniki i odkuwki na zbiorniki paliwowe oraz technologiczne zbiorniki ciśnieniowe dla temperatur projektowych nie niższych od 0°C .

Tabela 7.2: Blachy, kształtowniki i odkuwki na zbiorniki paliwowe, bariery drugie oraz technologiczne zbiorniki ciśnieniowe dla temperatur projektowych poniżej 0°C do -55°C .

Tabela 7.3: Blachy, kształtowniki i odkuwki na zbiorniki paliwowe, bariery drugie oraz technologiczne zbiorniki ciśnieniowe dla temperatur projektowych poniżej -55°C do -165°C .

Tabela 7.4: Rury (bez szwu i spawane), odkuwki i odlewy na rurociągi paliwa i technologiczne dla temperatur projektowych poniżej 0°C do -165°C .

Tabela 7.5: Blachy i kształtowniki na konstrukcje kadłuba wymagane w 6.4.13.1.1.2.

Tabela 7.1
BLACHY, RURY (BEZ SZWU I SPAWANE)^{1,2}, KSZTAŁTOWNIKI I ODKUWKI
NA ZBIORNIKI PALIWOWE ORAZ TECHNOLOGICZNE ZBIORNIKI CIŚNIENIOWE
DLA TEMPERATUR PROJEKTOWYCH NIE NIŻSZYCH OD 0°C
SKŁAD CHEMICZNY I OBRÓBKA CIEPLNA

- ◆ Stal węglowo-manganowa
- ◆ Całkowicie uspokojona stal drobnoziarnista
- ◆ Małe dodatki pierwiastków stopowych za zgodą Administracji
- ◆ Ograniczenia składu zatwierdzone przez Administrację
- ◆ Normalizowana lub ulepszana cieplnie⁴

WYMAGANIA DOTYCZĄCE PRÓB WYTRZYMAŁOŚCI NA ROZCIĄGANIE I UDAR

Częstotliwość próbkowania		
◆ Blachy	Próbie podlega każdy arkusz	
◆ Kształtowniki i odkuwki	Próbie podlega każda partia	
Właściwości mechaniczne		
◆ Właściwości wytrzymałości na rozciąganie	Określona minimalna granica plastyczności nie może przekraczać 410 N/mm ² ⁵	
Próba udarności (Charpy V)		
◆ Blachy	Próbki poprzeczne. Minimalna średnia wartość energii (KV) 27 J	
◆ Kształtowniki i odkuwki	Próbki wzdłużne. Minimalna średnia wartość energii (KV) 41J	
◆ Temperatura próby	Grubość t (mm)	Temperatura próby (°C)
	T ≤ 20	0
	20 < t ≤ 40 ³	-20

Uwagi

1. W przypadku rur bez szwu oraz armatury stosuje się normalną praktykę odbiorczą. Stosowanie rur spawanych wzdłużnie lub spiralnie wymaga specjalnego zatwierdzenia przez Administrację.
2. Próba udarności Charpy V-notch nie jest wymagana dla rur.
3. Niniejsza tabela ma ogólnie zastosowanie do grubości materiałów do 40 mm. W przypadku większych grubości potrzebne jest zatwierdzenie przez Administrację.
4. Alternatywnie może być stosowany proces kontrolowanego walcowania lub kontrolowana obróbka termomechaniczna.
5. Materiały o określonej minimalnej granicy plastyczności przekraczającej 410 N/mm² mogą zostać zatwierdzone przez Administrację. W przypadku takich materiałów należy zwrócić szczególną uwagę na twardość spoiny i strefy wpływu ciepła.

Tabela 7.2**BLACHY, KSZTAŁTOWNIKI I ODKUWKI¹ NA ZBIORNIKI PALIWOWE, BARIERY DRUGIE ORAZ TECHNOLOGICZNE ZBIORNIKI CIŚNIENIOWE DLA TEMPERATUR PROJEKTOWYCH PONIŻEJ 0°C DO -55°C****Grubość maksymalna 25 mm²****SKŁAD CHEMICZNY I OBRÓBKA CIEPLNA**

♦ Stal węglowo-manganowa

♦ Całkowicie uspokojona drobnoziarnista stal z dodatkiem aluminium

♦ Skład chemiczny (analiza wytopowa)

C	Mn	Si	S	P
Maks. 0,16% ³	0,70 – 1,60%	0,10–0,50%	Maks. 0,025%	Maks. 0,025%
Dodatki opcjonalne: pierwiastki stopowe oraz rozdrabniające ziarno mogą być stosowane zgodnie z poniższym schematem				
Ni	Cr	Mo	Cu	Nb
Maks. 0,80%	Maks. 0,25%	Maks. 0,08%	Maks. 0,35%	Maks. 0,05%
V				
Maks. 0,10%				

Całkowita zawartość aluminium min. 0,020% (rozpuszczalne w kwasach min. 0,015%)

♦ normalizowana lub ulepszana cieplnie⁴**WYMAGANIA DOTYCZĄCE PRÓB WYTRZYMAŁOŚCI NA ROZCIĄGANIE I UDAR**

Częstotliwość próbkowania

♦ Blachy

Próbie podlega każdy arkusz

♦ Kształtowniki i odkuwki

Próbie podlega każda partia

Właściwości mechaniczne

♦ Wytrzymałość na rozciąganie

Określona minimalna granica plastyczności nie może przekraczać 410 N/mm²⁵

Próba udarności (Charpy V)

♦ Blachy

Próbki poprzeczne. Minimalna średnia wartość energii (KV) 27 J

♦ Kształtowniki i odkuwki

Próbki wzdłużne. Minimalna średnia wartość energii (KV) 41J

♦ Temperatura próby

5°C poniżej temperatury projektowej lub -20°C, przyjmując wartość niższą

Uwagi

1. Administracja może specjalnie rozpatrzyć wymagania dotyczące próby udarności Charpy V oraz składu chemicznego odkuwek.

2. W przypadku materiałów o grubości powyżej 25 mm, należy przyjąć następujące parametry próby udarności Charpy V:

Grubość materiału	Temperatura próby (°C)
25 < t ≤ 30	10°C poniżej temperatury projektowej lub -20°C, przyjmując niższą wartość
30 < t ≤ 35	15°C poniżej temperatury projektowej lub -20°C, przyjmując niższą wartość
35 < t ≤ 40	20°C poniżej temperatury projektowej
40 < t	Temperatura wg uznania Administracji

Wartość energii udaru powinna odpowiadać wartości podanej w tabeli dla danego typu próbki. Materiały na zbiorniki lub ich części, które po spawaniu są całkowicie odprężane termicznie mogą być poddawane próbom w temperaturze 5°C poniżej temperatury projektowej lub w temperaturze -20°C, przyjmując wartość niższą.

Temperatura próby odprężanych termicznie elementów usztywniających i innych elementów powinna być taka sama, jaka wymagana jest dla grubości przyległego poszycia zbiornika.

3. Po specjalnym uzgodnieniu z Administracją, zawartość węgla może zostać zwiększona do maks. 0,18%, pod warunkiem że temperatura projektowa jest nie niższa od -40°C.

4. Jako alternatywa mogą być stosowane proces kontrolowanego walcowania lub kontrolowana obróbka termomechaniczna (TMCP).

5. Administracja może zatwierdzić materiały o określonej minimalnej granicy plastyczności przekraczającej 410 N/mm². W przypadku takich materiałów należy zwrócić szczególną uwagę na twardość spoiny i strefy wpływu ciepła.

Wytyczne:

W przypadku materiałów o grubości przekraczającej 25 mm, których temperatura próby wynosi -60°C lub niżej, może być konieczne zastosowanie stali poddanej specjalnej obróbce lub stali zgodnych z tabelą 7.3.

Tabela 7.3

**BLACHY, KSZTAŁTOWNIKI I ODKUWKI¹ NA ZBIORNIKI PALIWOWE, BARIERY DRUGIE
ORAZ TECHNOLOGICZNE ZBIORNIKI CIŚNIENIOWE DLA TEMPERATUR PROJEKTOWYCH
PONIŻEJ -55°C DO -165°C²
Grubość maksymalna 25 mm^{3,4}**

Minimalna temperatura projektowa (°C)	Skład chemiczny ⁵ oraz obróbka cieplna	Temp. próby udarności (°C)
-60	Stal zawierająca 1,5% niklu – normalizowana lub normalizowana i odpuszczana lub ulepszona cieplnie lub TMCP ⁶	-65
-65	Stal zawierająca 2,25% niklu – normalizowana lub normalizowana i odpuszczana lub ulepszona cieplnie lub TMCP ^{6,7}	-70
-90	Stal zawierająca 3,5% niklu – normalizowana lub normalizowana i odpuszczana lub ulepszona cieplnie lub TMCP ^{6,7}	-95
-105	Stal zawierająca 5% niklu – normalizowana lub normalizowana i odpuszczana lub ulepszona cieplnie ^{6,7 i 8}	-110
-165	Stal zawierająca 9% niklu – podwójnie normalizowana i odpuszczana lub ulepszona cieplnie ⁶	-196
-165	Stale austenityczne, takie jak typów 304, 304L, 316, 316L, 321 oraz 347, przesycione ⁹	-196
-165	Stopy aluminium; takie jak typu 5083 wyżarzane	Nie jest wymagana
-165	Austeniczny stop Fe-Ni (36% niklu). Obróbka cieplna według uzgodnienia	Nie jest wymagana

WYMAGANIA DOTYCZĄCE PRÓB WYTRZYMAŁOŚCI NA ROZCIĄGANIE I UDAR

	Čęstotliwość próbkowania
♦ Blachy	Próbie podlega każdy arkusz
♦ Kształtowniki i odkuwki	Próbie podlega każda partia
	Próba udarności (Charpy V)
♦ Blachy	Próbki poprzeczne. Minimalna średnia wartość energii (KV) 27 J
♦ Kształtowniki i odkuwki	Próbki wzdłużne. Minimalna średnia wartość energii (KV) 41J

Uwagi

1. Próba udarności wymagana dla odkuwek przewidzianych do ważnych zastosowań powinna być przedmiotem specjalnego rozpatrzenia przez Administrację.
2. Wymagania dla temperatur projektowych poniżej -165°C podlegają specjalnemu uzgodnieniu z Administracją.
3. W przypadku materiałów o grubości powyżej 25 mm zawierających 1,5% Ni, 2,25% Ni, 3,5% Ni, oraz 5% Ni należy przyjąć następujące parametry próby udarności Charpy V:

Grubość materiału (mm)	Temperatura próby (°C)
25 < t ≤ 30	10°C poniżej temperatury projektowej
30 < t ≤ 35	15°C poniżej temperatury projektowej
35 < t ≤ 40	20°C poniżej temperatury projektowej

Wartość energii udaru powinna odpowiadać wartości podanej w tabeli dla danego typu próbki. Dla materiału o grubości powyżej 40 mm, wartości udarności Charpy V podlegają specjalnemu rozpatrzeniu.

4. W przypadku stali zawierających 9% Ni, austenitycznych stali nierdzewnych oraz stopów aluminium grubość powyżej 25 mm może być stosowana według uznania Administracji.
5. Skład chemiczny powinien być zgodny z uznanymi normami.
6. Stale niklowe poddane kontrolowanej obróbce termo-mechanicznej będą podlegały akceptacji przez Administrację.
7. W przypadku stali ulepszanych cieplnie może być specjalnie uzgodnione z Administracją zastosowanie niższej minimalnej temperatury projektowej.
8. Poddana specjalnej obróbce cieplnej stal o zawartości 5% Ni, np. potrójnie obrobiona cieplnie stal o zawartości 5% Ni, może być stosowana aż do temperatury -165°C, pod warunkiem że próby udarności są przeprowadzane w temperaturze -196°C.
9. Próba udarności może być pominięta, pod warunkiem uzgodnienia z Administracją.

Tabela 7.4

**RURY (BEZ SZWU I SPAWANE)¹, ODKUWKI² I ODLEWY² NA RUROCIĄGI PALIWA
I TECHNOLOGICZNE DLA TEMPERATUR PROJEKTOWYCH PONIŻEJ 0°C DO -165°C³
Grubość maksymalna 25 mm**

Min. temp. projektowa (°C)	Skład chemiczny ⁵ oraz obróbka cieplna	Próba udarności	
		Temp. próby udarności (°C)	Minimalna średnia energia (KV)
-55	Całkowicie uspokojona drobnoziarnista stal węglowo-manganowa, normalizowana lub zgodnie z uzgodnieniem ⁶	Patrz Uwaga 4	27
-65	Stal zawierająca 2,25% niklu – normalizowana lub normalizowana i odpuszczana lub ulepszona cieplnie ⁶	-70	34
-90	Stal zawierająca 3,5% niklu – normalizowana lub normalizowana i odpuszczana lub ulepszona cieplnie ⁶	-95	34
-165	Stal zawierająca 9% niklu ⁷ – podwójnie normalizowana i odpuszczana lub ulepszona cieplnie	-196	41
	Stale austenityczne, takie jak typów 304, 304L, 316, 316L, 321 oraz 347, przesycone ⁸	-196	41
	Stopy aluminium; takie jak typu 5083 wyżarzane		Nie jest wymagana

WYMAGANIA DOTYCZĄCE PRÓB WYTRZYMAŁOŚCI NA ROZCIĄGANIE I UDAR

Częstotliwość próbkowania

♦ Próbie podlega każda partia

Próba udarności (Charpy V)

♦ Próba udarności: Próbki wzdłużne

Uwagi:

1. Stosowanie rur spawanych wzdłużnie lub spiralnie wymaga specjalnego zatwierdzenia przez Administrację.
2. Wymagania dla odkuwek i odlewów mogą podlegać specjalnemu rozpatrzeniu przez Administrację.
3. Wymagania dla temperatur projektowych poniżej -165°C powinny być specjalnie uzgodnione z Administracją.
4. Temperatura próby powinna być o 5°C niższa od temperatury projektowej lub równa -20°C, przyjmując niższą wartość.
5. Skład chemiczny powinien być zgodny z uznanymi normami.
6. W przypadku stali ulepszanych cieplnie może być specjalnie uzgodnione z Administracją zastosowanie niższej minimalnej temperatury projektowej.
7. Materiał o takim składzie chemicznym nie jest odpowiedni na odlewy.
8. Próba udarności może być pominięta, pod warunkiem uzgodnienia z Administracją.

Tabela 7.5

BLACHY I KSZTAŁTOWNIKI NA KONSTRUKCJE KADŁUBA WYMAGANE W 6.4.13.1.1.2

Min. temp. projektowa konstrukcji kadłuba (°C)	Grubość maksymalna (mm) dla kategorii stali							
	A	B	D	E	AH	DH	EH	FH
0 i powyżej	Uznane normy							
do -5	15	25	30	50	25	45	50	50
do -10	x	20	25	50	20	40	50	50
do -20	x	x	20	50	x	30	50	50
do -30	x	x	x	40	x	20	40	50
poniżej -30	Zgodnie z tabela 7.2, z wyjątkiem ograniczeń grubości podanych w tabeli 7.2 oraz w uwadze (2) do tej tabeli, które nie mają zastosowania.							

Uwaga

„x” oznacza, że ta kategoria stali nie może być stosowana.

7.4.1.2 Materiały o temperaturze topnienia poniżej 925°C nie mogą być stosowane do budowy rurociągów przebiegających poza zbiornikami paliwowymi.

7.4.1.3 W przypadku zbiorników CNG, stosowanie materiałów nie objętych powyższymi wymaganiami może podlegać specjalnemu rozpatrzeniu przez Administrację.

7.4.1.4 Tam gdzie jest to niezbędne, zewnętrzna rura lub kanał przewodzące gaz pod wysokim ciśnieniem w rurze wewnętrznej powinny co najmniej spełniać wymagania dotyczące materiałów na rurociągi o temperaturze projektowej do -55°C, zawarte w tabeli 7.4.

7.4.1.5 Zewnętrzna rura lub kanał otaczające rurociąg skroplonego paliwa gazowego powinny co najmniej spełniać wymagania dotyczące materiałów na rurociągi o temperaturze projektowej do -165°C, zawarte w tabeli 7.4.

8 BUNKROWANIE

8.1 Cel

8.1.1 Celem niniejszego rozdziału jest przedstawienie wymagań dotyczących odpowiednich systemów zainstalowanych na statku pozwalających na prowadzenie bunkrowania w sposób bezpieczny dla ludzi, środowiska i statku.

8.2 Wymagania funkcjonalne

8.2.1 Niniejszy rozdział powiązany jest z wymaganiami funkcjonalnymi zawartymi w 3.2.1 do 3.2.11 oraz 3.2.13 do 3.2.17. W szczególności zastosowanie mają następujące wymagania:

8.2.1.1 Instalacja rurociągów służąca do przesyłania paliwa do zbiorników magazynujących powinna być tak zaprojektowana, aby jakikolwiek wyciek z instalacji nie spowodował zagrożenia dla personelu, środowiska lub statku.

8.3 Wymagania dotyczące stacji bunkrowania

8.3.1 Postanowienia ogólne

8.3.1.1 Stacja bunkrowania powinna być usytuowana na pokładzie otwartym co będzie pozwalało na wystarczającą wentylację naturalną. Stacje bunkrowania zamknięte lub półzamknięte powinny być specjalnie rozpatrywane w ramach oceny ryzyka.

8.3.1.2. Podłączenia i rurociągi powinny być tak usytuowane i rozmieszczone, aby jakiegokolwiek uszkodzenie rurociągu gazowego nie spowodowało uszkodzenia systemu magazynowania paliwa na statku, prowadzącego do niekontrolowanego wypływu gazu

8.3.1.3 Należy przewidzieć urządzenia pozwalające na bezpieczne likwidowanie rozlewu paliwa.

8.3.1.4 Należy przewidzieć odpowiednie środki służące zmniejszeniu ciśnienia oraz usunięciu cieczy z części ssących pomp i rurociągów przesyłu paliwa. Ciecz należy usuwać do zbiorników skroplonego paliwa gazowego lub do innego odpowiedniego miejsca.

8.3.1.5 Otaczające zbiornik konstrukcje kadłuba lub pokładu nie powinny być narażone na nadmierne schłodzenie w przypadku wycieku paliwa.

8.3.1.6 W przypadku stacji bunkrowania CNG należy rozważyć zainstalowanie ekranów ze stali niskotemperaturowej, w celu zapobiegania uderzeniu ulatniających się zimnych strumieni gazu w otaczającą konstrukcję kadłuba.

8.3.2 Węże paliwowe na statku

8.3.2.1 Węże do przesyłania cieczy i par stosowane przy transporcie paliwa powinny odpowiadać parametrom paliwa, włącznie z jego temperaturą.

8.3.2.2 Węże na które może działać ciśnienie zbiornika lub ciśnienie tłoczenia pomp lub sprężarek par powinny być zaprojektowane tak aby wytrzymać ciśnienie rozrywające nie mniejsze od pięciokrotnego maksymalnego ciśnienia, jakiemu może podlegać wąż w czasie bunkrowania.

8.4 Wymagania dotyczące kolektora

8.4.1 Konstrukcja kolektora bunkrowego powinna pozwalać na wytrzymanie obciążeń zewnętrznych podczas bunkrowania. Połączenia w stacji bunkrowania powinny być typu suchego po rozłączeniu z dodatkowym złączem bezpieczeństwa typu suchego/samouszczelniającego szybkiego zwalniania. Złącza powinny być typu standardowego.

8.5 Wymagania dotyczące instalacji bunkrowania

8.5.1 Należy przewidzieć urządzenie do przedmuchiwania przewodów bunkrowania paliwa gazem obojętnym.

8.5.2 Instalacja bunkrowania powinna być tak usytuowana aby w czasie napełniania zbiorników ładunkowych gaz nie wydostawał się do atmosfery.

8.5.3 Na każdym rurociągu bunkrowania w pobliżu punktu podłączenia powinien być zainstalowany ręcznie obsługiwany zawór zaporowy oraz zdalnie sterowany zawór zamykający zamontowane szeregowo lub łączony zawór dający możliwość obsługi ręcznej i zdalnej. Obsługa zaworu zdalnie sterowanego powinna być możliwa ze stanowiska sterowania operacjami bunkrowania i/lub z innego bezpiecznego miejsca.

8.5.4 Należy przewidzieć środki służące do osuszania rurociągów bunkrowania z paliwa po zakończeniu operacji bunkrowania.

8.5.5 Powinna być zapewniona możliwość napełniania gazem obojętnym i odgazowania rurociągów bunkrowania. Te rurociągi, które nie są w danym momencie wykorzystywane do bunkrowania, powinny być odgazowane, chyba że oceniono i zatwierdzono skutki nie przeprowadzenia odgazowania.

8.5.6 W przypadku krzyżowania się rurociągów bunkrowania należy zapobiegać poprzez stosowanie odpowiednich urządzeń odcinających przypadkowemu przesyłaniu paliwa do burty statku, która nie bierze udziału w bunkrowaniu.

8.5.7 Należy zainstalować połączenie statek–ład (SSL) lub równoważne środki służące do automatycznej i ręcznej obsługi połączenia awaryjnego wyłączenia (ESD) ze źródłem bunkrowania.

8.5.8 W przypadku gdy nie wykazano, że ze względu na udar ciśnienia wymagany jest dłuższy czas zwłoki, należy dostosować czas zwłoki obliczany zgodnie z 16.7.3.7 od momentu aktywacji alarmu do pełnego zamknięcia zdalnie sterowanego zaworu wymaganego w 8.5.3.

9 DOSTARCZANIE PALIWA DO URZĄDZEŃ

9.1 Cel

Celem tego rozdziału jest przedstawienie wymagań dotyczących bezpiecznej i skutecznej dystrybucji paliwa do urządzeń.

9.2 Wymagania funkcjonalne

Ten rozdział powiązany jest z wymaganiami funkcjonalnymi podanymi w 3.2.1 do 3.2.6, 3.2.8 do 3.2.11 oraz 3.2.13 do 3.2.17. W szczególności zastosowanie mają następujące wymagania:

.1 Instalacja zasilania paliwem powinna być tak zaprojektowana, aby skutki ewentualnych wycieków paliwa były jak najmniej dotkliwe i aby był bezpieczny dostęp w celu obsługi oraz kontroli tej instalacji;

.2 Instalacja rurociągów służąca przesyłaniu paliwa do odbiorników powinna być zaprojektowana w taki sposób, aby uszkodzenie jednej bariery nie doprowadziło do wycieku z rurociągu do otaczającego rejonu powodując zagrożenie dla ludzi na statku, środowiska lub samego statku; oraz

.3 Rurociągi paliwowe przebiegające poza pomieszczeniami maszynowymi powinny być tak zainstalowane i zabezpieczone, aby w przypadku wycieku ryzyko zranienia personelu i uszkodzenia statku było jak najmniejsze.

9.3 Wymagania dotyczące instalacji zapasowych zasilania paliwem

9.3.1 W przypadku instalacji jednopaliwowych, system zasilania paliwem powinien być tak zaprojektowany, aby zapewnić jego pełną redundancję i rozdzielenie na całym odcinku od zbiorników paliwowych do odbiorników, tak aby wyciek w jednym z przewodów nie prowadził do niedopuszczalnej utraty mocy.

9.3.2 W przypadku instalacji jednopaliwowych, magazynowanie paliwa powinno być rozdzielone pomiędzy co najmniej dwa zbiorniki. Zbiorniki te powinny być umieszczone w osobnych przedziałach.

9.3.3 Tylko w przypadku zbiornika typu C, można zaakceptować jeden zbiornik paliwowy jeśli ma on dwie całkowicie rozdzielone przestrzenie przyłączeniowe.

9.4 Wymagania dotyczące funkcji bezpieczeństwa systemów zasilania gazem

9.4.1 Wloty i wyloty zbiornika paliwa powinny być zaopatrzone w zawory umieszczone jak najbliżej zbiornika. Zawory, które muszą być obsługiwane w normalnej eksploatacji¹⁶ i do których nie ma dostępu powinny być obsługiwane zdalnie. W przypadku gdy uruchamiany jest system bezpieczeństwa wymagany w 15.2.2, zawory zbiornika, niezależnie od tego czy są dostępne czy nie, powinny być obsługiwane automatycznie.

9.4.2 Podstawowy rurociąg zasilania gazem do każdego odbiornika lub do zespołu odbiorników powinien być wyposażony w ręcznie obsługiwany zawór zaporowy oraz automatycznie obsługiwany zawór główny paliwowy umieszczone szeregowo lub zawór sterowany automatycznie z możliwością ręcznego zamykania. Zawory te powinny być umieszczone w tej części rurociągu, która znajduje się poza pomieszczeniem maszynowym zawierającym odbiorniki gazu i znajdować się jak najbliżej instalacji grzewczej gazu, jeśli jest zainstalowana. Zawór główny gazu powinien automatycznie odcinać dopływ gazu po uruchomieniu go przez system bezpieczeństwa wymagany w 15.2.2.

9.4.3 Powinna być możliwa obsługa automatycznego głównego zaworu gazu z bezpiecznych miejsc na drogach ewakuacji wewnątrz pomieszczenia maszynowego zawierającego odbiornik gazu, centrali maszynowo-kontrolnej, jeśli ma to zastosowanie, poza pomieszczeniem maszynowym oraz z mostka nawigacyjnego.

9.4.4 Każdy odbiornik gazu powinien być wyposażony w zespoły zaporowo-upustowe. Zespoły te powinny być umieszczone jak podano w .1 lub .2, tak aby uruchomienie systemu bezpieczeństwa wymaganego w 15.2.2 powodowało automatyczne zamknięcie zaworów odcinających zainstalowanych szeregowo oraz automatyczne otwarcie zaworu upustowego oraz:

¹⁶ Operacja normalna w tym kontekście oznacza dostarczanie gazu do odbiorników oraz operacje bunkrowania.

.1 dwa zawory odcinające powinny być zainstalowane szeregowo na rurociągu paliwowym prowadzącym do urządzeń zasilanych gazem. Zawór upustowy powinien znajdować się na rurze, która odprowadza gaz do bezpiecznego miejsca w atmosferze z tego odcinka rurociągu gazowego, który znajduje się między dwoma zaworami usytuowanymi szeregowo; lub

.2 funkcje jednego z zaworów odcinających umieszczonych szeregowo oraz zaworu upustowego mogą być zgrupowane w jednym korpusie zaworu, tak rozwiązaniem że zablokowany zostanie przepływ do odbiornika gazowego a otwarty przewód odprowadzania gazu.

9.4.5 Powyższe dwa zawory powinny być typu „zamknięty w razie uszkodzenia”, podczas gdy zawór upustowy powinien być typu „otwarty w razie uszkodzenia”.

9.4.6 Zespoły zaporowo-upustowe powinny być używane także do normalnego zatrzymywania silnika.

9.4.7 W przypadku gdy zawór główny gazu zostanie zamknięty automatycznie, całe odgałęzienie zasilające poniżej zespołu zaporowo-upustowego powinno być automatycznie wentylowane zakładając przepływ odwrotny z silnika do rurociągu.

9.4.8 Na rurociągu zasilającym każdego silnika powyżej zespołów zaporowo-upustowych powinien być zainstalowany jeden ręcznie obsługiwany zawór zamykający, w celu zapewnienia bezpiecznego odcięcia podczas konserwacji silnika.

9.4.9 W przypadku instalacji z jednym silnikiem, oraz wielosilnikowych z osobnym zaworem głównym dla każdego silnika, można połączyć funkcje zaworu głównego oraz zespołu zaporowo-upustowego.

9.4.10 W przypadku każdego podstawowego rurociągu zasilającego wchodzącego do pomieszczenia maszynowego chronionego systemem ESD oraz każdego rurociągu zasilającego prowadzącego do instalacji wysokociśnieniowych należy przewidzieć środki służące szybkiemu wykrywaniu przerwania przewodu gazowego w maszynowni. Po wykryciu przerwania, zawór powinien automatycznie się zamknąć¹⁷. Zawór ten powinien być umieszczony na rurociągu zasilania gazem przed jego wejściem do maszynowni lub jak najbliżej tego wejścia wewnątrz maszynowni. Może to być oddzielny zawór lub zawór łączący inne funkcje, np. zawór główny.

9.5 Wymagania dotyczące rozdziału paliwa poza pomieszczeniem maszynowni

9.5.1 W przypadku gdy rurociągi paliwowe przechodzą przez przestrzeń zamkniętą statku, powinny być one chronione przez dodatkową obudowę. Obudową tą może być wentylowany kanał lub instalacja rurociągów o podwójnych ścianach. Kanał lub instalacja rurociągów o podwójnych ścianach powinna być wentylowana mechanicznie podciśnieniowo z wydajnością 30 wymian powietrza na godzinę, należy także przewidzieć wykrywanie gazu zgodnie z wymaganiami 15.8. Administracja może przyjąć inne rozwiązania zapewniające równoważny poziom bezpieczeństwa.

9.5.2 Wymaganie podane w 9.5.1 nie musi być stosowane do całkowicie spawanych rurociągów odprowadzania gazu prowadzonych przez przestrzeń wentylowaną mechanicznie.

9.6 Wymagania dotyczące dostarczania gazu do odbiorników znajdujących się w gazobezpiecznych pomieszczeniach maszynowych

9.6.1 Rurociągi paliwowe w gazobezpiecznych pomieszczeniach maszynowych powinny być całkowicie zamknięte w podwójnej rurze lub kanale spełniającym jeden z poniższych warunków:

¹⁷ Zamknięcie powinno przebiegać ze zwłoką czasową aby zapobiec oddziaływaniu przejściowych zmian obciążenia.

.1 rurociąg gazowy powinien mieć podwójne ściany a paliwo gazowe powinno zawierać się w rurze wewnętrznej. Przestrzeń pomiędzy koncentrycznymi rurami powinna być wypełniona gazem obojętnym o ciśnieniu większym od ciśnienia paliwa gazowego. Należy przewidzieć odpowiednie sygnały alarmowe utraty ciśnienia gazu obojętnego między rurami. W przypadku gdy rura wewnętrzna zawiera gaz o wysokim ciśnieniu, instalacja powinna być tak zaprojektowana, aby rurociąg pomiędzy zaworem głównym gazu a silnikiem był przeczyszczany automatycznie gazem obojętnym, gdy zawór główny jest zamknięty; lub

.2 rurociąg gazowy powinien być zainstalowany w wentylowanym kanale lub przewodzie. Przestrzeń powietrzna pomiędzy rurociągiem paliwowym a ścianą przewodu zewnętrznego lub kanału powinna być podciśnieniowo mechanicznie wentylowana z wydajnością 30 wymian powietrza na godzinę. Ta wydajność wentylacji może być zmniejszona do 10 wymian powietrza na godzinę, pod warunkiem zapewnienia automatycznego napełnienia kanału azotem po wykryciu wycieku gazu z rurociągu. Silniki wentylatorów powinny spełniać wymagania dotyczące ochrony przeciwwybuchowej w rejonie instalacji. Wylot instalacji wentylacyjnej powinien być przykryty ekranem ochronnym i usytuowany w miejscu, w którym nie może dojść do zapłonu palnej mieszanki gaz-powietrze; lub

.3 Administracja może także przyjąć inne rozwiązania zapewniające równoważny stopień bezpieczeństwa.

9.6.2 Połączenie rurociągu gazowego oraz kanału z zaworami wtryskiwania gazu powinno być całkowicie osłonięte kanałem. To rozwiązanie powinno umożliwiać wymianę i/lub naprawę zaworów wtryskiwania gazu i pokryw cylindrów. Podwójna obudowa rurociągu jest także wymagana dla wszystkich rurociągów gazowych na samym silniku, do miejsca wtrysku gazu do komory silnika.¹⁸

9.7 Wymagania dotyczące dostarczania paliwa gazowego do odbiorników gazu w pomieszczeniu maszynowym chronionym systemem ESD

9.7.1 Ciśnienie w instalacji zasilania paliwem gazowym nie może przekroczyć 1,0 MPa.

9.7.2 Projektowe ciśnienie rurociągów dostarczających paliwo gazowe nie powinno być mniejsze od 1,0 MPa.

9.8 Wymagania dotyczące konstrukcji kanału wentylacyjnego, rury zewnętrznej chroniącej przed wyciekami gazu z rurociągu wewnętrznego

9.8.1 Ciśnienie projektowe rury zewnętrznej lub kanału instalacji paliwowej nie powinno być niższe od maksymalnego ciśnienia roboczego rurociągu wewnętrznego. Alternatywnie, w przypadku instalacji rurociągu paliwowego o ciśnieniu roboczym większym od 1,0 MPa, ciśnienie obliczeniowe w rurze zewnętrznej lub kanale nie powinno być niższe od maksymalnego ciśnienia akumulacyjnego powstałego w przestrzeni między rurami wewnętrzną a zewnętrzną, z uwzględnieniem miejscowego chwilowego ciśnienia szczytowego w rejonie ewentualnego przerwania oraz urządzeń wentylacyjnych.

9.8.2 W przypadku rurociągów paliwowych wysokiego ciśnienia należy przyjmować ciśnienie obliczeniowe kanału jako wyższe z poniższych wartości:

.1 maksymalne ciśnienie akumulacyjne: ciśnienie statyczne w rejonie przerwania rurociągu wynikające z wplynięcia gazu w przestrzeń między rurami wewnętrzną a zewnętrzną;

¹⁸ W przypadku gdy gaz dostarczany jest do wlotu powietrza bezpośrednio na każdym cylindrze podczas poboru powietrza do cylindra w silniku niskiego ciśnienia, w taki sposób że pojedyncza awaria nie prowadzi do wycieku gazu do pomieszczenia maszynowego, można zrezygnować z podwójnego kanału rurociągu dolotu powietrza.

.2 miejscowe chwilowe ciśnienie szczytowe w rejonie przerwania rurociągu: ciśnienie to należy przyjmować jako ciśnienie krytyczne określone następującym wyrażeniem:

$$p = p_0 (2/(k+1))^{k/k-1}$$

gdzie:

p_0 = maksymalne ciśnienie robocze rury wewnętrznej

$k = C_p/C_v$ iloraz ciepła właściwego przy stałym ciśnieniu oraz ciepła właściwego przy stałej objętości

$k = 1,31$ dla CH_4

Napężenie styczne membranowe rury prostej poddanej wyżej wymienionym ciśnieniom nie powinno przekraczać wytrzymałości na rozciąganie podzielonej przez 1,5 ($R_m/1.5$).

Wskaźniki ciśnienia wszystkich pozostałych komponentów rurociągów powinny mieć ten sam poziom wytrzymałości jak rury proste.

Jako alternatywa do stosowania ciśnienia szczytowego z powyższego wzoru, może być stosowane ciśnienie szczytowe uzyskane z prób reprezentatywnych. Wówczas należy przedstawić sprawozdania z prób.

9.8.3 Weryfikacja wytrzymałości powinna być oparta na obliczeniach wykazujących szczelność kanału lub rury. Alternatywą do obliczeń może być weryfikacja wytrzymałości poprzez próby reprezentatywne.

9.8.4 W przypadku rurociągu paliwowego niskiego ciśnienia kanał należy zwymiarować na ciśnienie obliczeniowe nie mniejsze od maksymalnego ciśnienia roboczego rurociągu paliwowego. Kanał należy poddać próbie ciśnieniowej, aby wykazać że może on wytrzymać przewidywane ciśnienie maksymalne powstające przy przerwaniu rurociągu.

9.9 Wymagania dla sprężarek i pomp

9.9.1 W przypadku gdy sprężarki lub pompy napędzane są wałami przechodzącymi przez gródź lub pokład, przejścia przez grodzie powinny być typu gazoszczelnego.

9.9.2 Sprężarki oraz pompy powinny być odpowiednie do swojego przeznaczenia. Całe wyposażenie i urządzenia maszynowe powinny być poddane odpowiednim próbom potwierdzającym ich przydatność do zastosowania w środowisku morskim. Rozpatrywane zagadnienia mogą obejmować co najmniej:

- .1 aspekty środowiskowe;
- .2 drgania i przyspieszenia na statku;
- .3 skutki nurzania, kiwania i myszkowania, itp.; oraz
- .4 skład gazu.

9.9.3 Należy przedsięwziąć środki zapobiegające wpuszczeniu skroplonego gazu do sekcji sterowania gazem lub do urządzenia maszynowego zasilanego gazem, chyba że urządzenia zostały zaprojektowane do zasilania gazem w stanie ciekłym.

9.9.4 Sprężarki i pompy powinny być wyposażone w akcesoria i przyrządy niezbędne do ich skutecznego i niezawodnego funkcjonowania.

10 WYTWARZANIE ENERGII WŁĄCZNIE Z URZĄDZENIAMI NAPĘDU ORAZ INNYMI ODBIORNIKAMI GAZU

10.1 Cel

10.1.1 Celem tego rozdziału jest zapewnienie bezpiecznego i niezawodnego dostarczania energii mechanicznej, elektrycznej i cieplnej.

10.2 Wymagania funkcjonalne

Niniejszy rozdział powiązany jest z wymaganiami funkcjonalnymi zawartymi w 3.2.1, 3.2.11, 3.2.13, 3.2.16 oraz 3.2.17. W szczególności zastosowanie mają następujące wymagania:

- .1** konfiguracja instalacji spalinowych powinna zapobiegać gromadzeniu się niespalonego paliwa gazowego;
- .2** elementy silnika lub instalacje zawierające lub mogące zawierać palną mieszaninę gazu i powietrza, jeśli nie zostały zaprojektowane tak aby wytrzymać najgorszy przypadek nadciśnienia wywołanego zapaleniem wycieku gazu, powinny być wyposażone w odpowiednie systemy redukcji ciśnienia. W zależności od projektu silnika może to obejmować kolektory dolotu powietrza oraz przestrzenie przepłukiwania;
- .3** odprowadzenie ciśnienia wybuchowego powinno być skierowane z dala od miejsc w których może zwykle przebywać personel; oraz
- .4** wszystkie odbiorniki gazu powinny mieć osobną instalację odprowadzania spalin.

10.3 Wymagania dotyczące tłokowych silników spalania wewnętrznego

10.3.1 Zagadnienia ogólne

10.3.1.1 Instalacja spalinowa powinna być wyposażona w system odciążenia wybuchu odpowiednio zwymiarowany, tak aby zapobiegać powstawaniu ciśnienia wybuchowego w przypadku awarii zapłonu cylindra, po której następuje zapłon niespalonego gazu w instalacji.

10.3.1.2 W przypadku silników, których przestrzeń pod tłokiem ma bezpośrednie połączenie ze skrzynią korbową, należy przeprowadzić szczegółową ocenę dotyczącą potencjalnego zagrożenia gromadzeniem się paliwa gazowego w skrzyni korbowej, której wynik należy uwzględnić w projekcie systemu bezpieczeństwa silnika.

10.3.1.3 Wszystkie silniki inne niż dwusuwowe wodorowe silniki diesla powinny być wyposażone w instalacje odprowadzania gazów niezależne od skrzyń korbowych i misek olejowych innych silników.

10.3.1.4 Tam gdzie może powstać bezpośredni wyciek gazu do czynnika instalacji pomocniczej (oleju smarowego, wody chłodzącej), należy za wylotem z silnika zainstalować odpowiednie urządzenia zbierające gaz, w celu zapobiegania jego dyspersji. Gaz zebrany z instalacji pomocniczych powinien być odprowadzany do atmosfery w bezpiecznym miejscu.

10.3.1.5 W przypadku silników posiadających instalację zapłonu, przed przejściem na zasilanie paliwem gazowym należy sprawdzić prawidłowość działania instalacji zapłonu każdego zespołu.

10.3.1.6 Należy przewidzieć środki monitorowania i wykrywania złego spalania lub braku zapłonu. W przypadku wykrycia powyższego dalsza praca na paliwie gazowym jest dozwolona pod warunkiem zamknięcia dopływu gazu do danego cylindra i dopuszczalności pracy silnika z jednym wyłączonym cylindrem ze względu na drgania skrętne.

10.3.1.7 W przypadku uruchamiania silników na paliwie objętym wymaganiami niniejszego kodeksu, jeśli w określonym dla danego silnika czasie po otwarciu zaworu zasilającego

gazem system monitorowania silnika nie wykryje zapłonu, zawór zasilania paliwem powinien zostać automatycznie zamknięty. Należy przewidzieć środki pozwalające na skuteczne oczyszczenie instalacji spalinowej z wszelkich mieszanin niespalonego paliwa.

10.3.2 Wymagania dotyczące silników dwupaliwowych

10.3.2.1 W przypadku zamknięcia zasilania gazem silniki powinny być zdolne do kontynuowania pracy przy zasilaniu tylko paliwem olejowym, bez jej przerywania.

10.3.2.2 Należy zainstalować automatyczny system przełączania z pracy przy zasilaniu gazem na pracę przy zasilaniu paliwem olejowym i odwrotnie przy minimalnych wahanach mocy silnika. Niezawodność takiego systemu należy wykazać poprzez próby. W przypadku niestabilnego działania silników przy opalaniu gazem powinny one przełączać się automatycznie na tryb opalania paliwem olejowym. W każdej sytuacji powinno być możliwe ręczne wyłączenie instalacji gazowej.

10.3.2.3 W przypadku normalnego zatrzymania lub awaryjnego wyłączenia, zasilanie gazem powinno być odłączone nie później niż źródło zapłonu. Nie powinno być możliwe wyłączenie źródła zapłonu bez uprzedniego lub równoczesnego wyłączenia dostarczania gazu do każdego cylindra lub do całego silnika.

10.3.3 Wymagania dla silników na paliwo gazowe

W przypadku normalnego zatrzymania lub awaryjnego wyłączenia, zasilanie gazem powinno być odłączone nie później niż źródło zapłonu. Nie powinno być możliwe wyłączenie źródła zapłonu bez uprzedniego lub równoczesnego wyłączenia dostarczania gazu do każdego cylindra lub do całego silnika.

10.3.4 Wymagania dla silników wielopaliwowych

10.3.4.1 W przypadku wyłączenia zasilania jednym paliwem, silniki powinny być zdolne do kontynuowania pracy przy zasilaniu paliwem alternatywnym przy minimalnych wahanach mocy.

10.3.4.2 Należy zainstalować automatyczny system pozwalający na przełączanie z jednego źródła zasilania na alternatywne źródło zasilania przy minimalnych wahanach mocy silnika. Niezawodność takiego systemu należy wykazać poprzez próby. W przypadku niestabilnego działania silników przy zasilaniu danym paliwem powinny one przełączać się automatycznie na tryb opalania paliwem alternatywnym. W każdej sytuacji powinno być możliwe ręczne przełączenie instalacji.

	TYLKO GAZ		DWA RODZAJE PALIWA	WIELE RODZAJÓW PALIWA
CZYNNIK ZAPŁONU	Iskra	Paliwo pilotowe	Paliwo pilotowe	NW
PALIWO GŁÓWNE	Gaz	Gaz	Gaz i/lub paliwo olejowe	Gaz i/lub ciecz

10.4 Wymagania dla kotłów głównych i pomocniczych

10.4.1 Każdy kocioł powinien posiadać swoją własną instalację wentylacji wymuszonej. Pomędzy instalacjami wentylacji wymuszonej można zainstalować połączenie krzyżowe do wykorzystania w sytuacjach awaryjnych pod warunkiem utrzymania odpowiednich funkcji bezpieczeństwa.

10.4.2 Komory spalania oraz kanały spalinowe kotłów powinny być tak zaprojektowane, aby zapobiegać gromadzeniu się paliwa gazowego.

10.4.3 Palniki powinny być tak zaprojektowane, aby utrzymać stałe spalanie we wszystkich warunkach opalania.

10.4.4 Kotły główne/napędu powinny być wyposażone w automatyczny system przełączania z pracy przy zasilaniu paliwem gazowym na pracę przy zasilaniu paliwem olejowym, bez przerywania opalania kotła.

10.4.5 Dysze gazu oraz system kontroli palnika powinny być tak skonfigurowane, aby paliwo gazowe mogło być zapalane tylko ustalonym płomieniem paliwa olejowego, chyba że konstrukcja kotła i wyposażenie służące spalaniu zakłada zapalenie paliwem gazowym i zostało to zatwierdzone przez Administrację.

10.4.6 Należy przewidzieć automatyczne odcinanie dopływu paliwa gazowego do palnika w przypadku braku odpowiedniego zapłonu.

10.4.7 Na przewodzie paliwowym każdego palnika gazowego należy zainstalować ręcznie obsługiwany zawór zamykający.

10.4.8 Należy przewidzieć automatyczne przedmuchiwanie rurociągu zasilającego palniki w gaz za pomocą gazu obojętnego, po wygaszeniu tych palników.

10.4.9 Automatyczny system przełączania paliwa wymagany w 10.4.4 powinien być monitorowany z użyciem sygnałów alarmowych, tak aby zapewniona była jego ciągła dostępność.

10.4.10 Należy przewidzieć środki automatycznego przedmuchiwania komór spalania kotłów, w przypadku zaniku płomienia wszystkich pracujących palników, przed ich ponownym zapaleniem.

10.4.11 Należy przewidzieć środki pozwalające na ręczne uruchomienie sekwencji przedmuchiwania kotłów.

10.5 Wymagania dla turbin gazowych

10.5.1 W przypadku gdy instalacje spalinowe nie zostały zaprojektowane z taką wytrzymałością, aby być odporne na największy możliwy wzrost ciśnienia wywołany wyciekiem zapalonego gazu, należy je wyposażyć w odpowiednio skonstruowany system redukcji ciśnienia, biorąc pod uwagę wybuch wywołany wyciekiem gazu. Systemy redukcji ciśnienia w przewodach spalinowych powinny być wyprowadzone do bezpiecznego miejsca, poza rejonem, gdzie może przebywać załoga statku.

10.5.2 Turbina gazowa może być zainstalowana w gazoszczelnej obudowie zgodnie z zasadami funkcjonowania systemu wyłączania awaryjnego przedstawionego w 5.6 i 9.7, w obrębie tej obudowy dopuszczalne jest jednak ciśnienie w rurociągu paliwowym wyższe od 1,0 MPa.

10.5.3 Systemy wykrywania gazu oraz funkcje wyłączenia awaryjnego powinny być takie jak przedstawiono w przypadku pomieszczeń maszynowych chronionych systemem ESD.

10.5.4 System wentylacji obudowy powinien być taki jak przedstawiono w rozdziale 13 w przypadku pomieszczeń maszynowych chronionych systemem ESD, dodatkowo jednak powinno się przewidzieć jego pełną redundancję (dwa wentylatory o pełnej wydajności zasilane z różnych obwodów elektrycznych).

10.5.5 W przypadku innych turbin niż zasilane tylko paliwem gazowym, należy zainstalować automatyczny system pozwalający na łatwe i szybkie przestawienie z pracy przy zasilaniu

paliwem gazowym na pracę przy zasilaniu paliwem olejowym i odwrotnie, przy minimalnych wahaniach mocy silnika.

10.5.6 Należy przewidzieć środki monitorowania i wykrywania złego spalania, które może powadzić do obecności niespalonego paliwa gazowego w instalacji spalinowej podczas pracy urządzenia. Po wykryciu takiego spalania zasilanie paliwem gazowym powinno zostać zamknięte.

10.5.7 Każda turbina powinna być wyposażona w urządzenie do automatycznego zamykania z powodu wysokich temperatur spalin.

11 BEZPIECZEŃSTWO POŻAROWE

11.1 Cel

Celem tego rozdziału jest przedstawienie wymagań dotyczących ochrony przeciwpożarowej, wykrywania i gaszenia pożarów dla wszystkich komponentów systemu związanych z magazynowaniem, kondycjonowaniem, przesyłaniem i wykorzystywaniem gazu ziemnego jako paliwa na statkach.

11.2 Wymagania funkcjonalne

Niniejszy rozdział związany jest z wymaganiami funkcjonalnymi przedstawionymi w 3.2.2, 3.2.4, 3.2.5, 3.2.7, 3.2.12, 3.2.14, 3.2.15 oraz 3.2.17.

11.3 Wymagania dotyczące ochrony przeciwpożarowej

11.3.1 Każde pomieszczenie, w którym znajduje się wyposażenie służące przygotowaniu paliwa, takie jak pompy, sprężarki, wymienniki ciepła, parowniki oraz zbiorniki ciśnieniowe, powinno być uważane za pomieszczenie maszynowe kategorii A w aspekcie ochrony przeciwpożarowej.

11.3.2 Wszystkie ściany pomieszczeń mieszkalnych, służbowych, stanowisk sterowania, dróg ewakuacyjnych oraz pomieszczeń maszynowych, które wychodzą na zbiorniki paliwowe na pokładzie otwartym, powinny być osłonięte przez przegrody klasy A-60. Przegrody klasy A-60 powinny być doprowadzone do dolnej części pokładu mostka nawigacyjnego, a jakiegokolwiek ściany powyżej, włącznie z oknami na mostku nawigacyjnym, powinny być przegrodami klasy A-0. Ponadto zbiorniki paliwowe powinny być oddzielone od ładunku zgodnie z wymaganiami Międzynarodowego morskiego kodeksu towarów niebezpiecznych (IMDG), w którym zbiorniki paliwowe są uważane za opakowanie ładunku masowego. W aspekcie wymagań kodeksu IMDG dotyczących sztauowania i segregacji, zbiornik paliwowy znajdujący się na pokładzie otwartym powinien być uważany za opakowanie klasy 2.1.

11.3.3 Przestrzeń, w której znajduje się system bezpiecznego magazynowania paliwa, powinna być oddzielona od pomieszczeń maszynowych kategorii A lub innych pomieszczeń o wysokim zagrożeniu pożarowym. Oddzielenie należy wykonać poprzez wykonanie koferdamu o szerokości co najmniej 900 mm oraz izolacji klasy A-60. Przy określaniu izolacji przestrzeni, w której znajduje się system bezpiecznego magazynowania paliwa od innych przestrzeni o mniejszym zagrożeniu pożarowym, system bezpiecznego magazynowania paliwa powinien być uważany za pomieszczenie maszynowe kategorii A, zgodnie z prawidłem II-2/9 Konwencji SOLAS. Granicę pomiędzy przestrzeniami, w których znajdują się systemy bezpiecznego magazynowania paliwa powinny stanowić koferdam o szerokości co najmniej 900 mm lub przegroda klasy A-60. W przypadku zbiorników typu C, przestrzeń magazynowania paliwa może być uważana za koferdam.

11.3.4 Przestrzeń magazynowania paliwa nie powinna być wykorzystywana do instalowania urządzeń maszynowych lub wyposażenia, które stanowią zagrożenie pożarowe.

11.3.5 Ochrona przeciwpożarowa rurociągów paliwa prowadzonych przez przestrzenie ro-ro powinna być rozpatrzona specjalnie przez Administrację, w zależności od zastosowania i przewidywanych ciśnień w rurociągu.

11.3.6 Stacja bunkrowania powinna być oddzielona przegrodami klasy A-60 od pomieszczeń maszynowych kategorii A, pomieszczeń mieszkalnych, posterunków dowodzenia oraz przestrzeni o wysokim zagrożeniu pożarowym, z wyjątkiem takich przestrzeni jak zbiorniki, puste przestrzenie, przestrzenie mieszczące pomocnicze urządzenia maszynowe o niewielkim lub żadnym zagrożeniu pożarowym, pomieszczenia sanitarne lub podobne, których klasa izolacji może być zredukowana do klasy A-0.

11.3.7 W przypadku gdy pomieszczenia maszynowe chronione systemem ESD są oddzielone pojedynczą przegrodą, powinna ona być klasy A-60.

11.4 Wymagania dotyczące instalacji wodnohydrantowej

11.4.1 Instalacja zraszająca wymagana poniżej może być częścią instalacji wodnohydrantowej, jeśli wymagana wydajność i ciśnienie robocze pompy pożarowej są wystarczające do jednoczesnego działania zarówno wymaganej liczby hydrantów i węży jak i instalacji zraszającej.

11.4.2 W przypadku gdy zbiorniki magazynowania paliwa są umiejscowione na pokładzie otwartym, w instalacji wodnohydrantowej powinny być zainstalowane zawory, którymi można odciąć uszkodzone odcinki instalacji. Odcięcie odcinka instalacji wodnohydrantowej nie może pozbawić zasilania wodą instalacji przeciwpożarowej znajdującej się przed odciętą sekcją.

11.5 Wymagania dotyczące instalacji zraszającej wodnej

11.5.1 Należy zainstalować instalację zraszającą w celu chłodzenia i zapobiegania wybuchowi pożaru odsłoniętych części zbiorników magazynowania paliwa umieszczonych na pokładzie otwartym.

11.5.2 Instalacja zraszająca powinna także pokrywać swym działaniem ściany nadbudówek, pomieszczeń sprężarek, pompowni, centrali operacji ładunkowych, stacji kontroli bunkrowania, stacji bunkrowania oraz innych standardowo obsadzanych przez załogę pokładówek, które wychodzą na zbiorniki magazynowe na pokładzie otwartym, chyba że zbiorniki takie znajdują się co najmniej 10 metrów od tych ścian.

11.5.3 Instalacja powinna być tak zaprojektowana, aby objąć swym zasięgiem wszystkie wyżej wymienione obszary przy wydajności 10 l/min/m² w przypadku powierzchni o największych rzutach poziomych i 4 l/min/m² w przypadku powierzchni pionowych.

11.5.4 W rurociągach głównego zasilania instalacji zraszającej należy umieścić zawory zaporowe, w odstępach nie przekraczających 40 metrów, w celu odcięcia uszkodzonych sekcji. Alternatywnie, instalacja może być podzielona na dwie lub więcej sekcji, które mogą być obsługiwane niezależnie, pod warunkiem umieszczenia w jednym łatwo dostępnym miejscu niezbędnych przyrządów kontroli, które będą dostępne w przypadku pożaru w rejonach chronionych.

11.5.5 Wydajność pompy zraszania wodnego powinna być wystarczająca do dostarczenia wymaganej ilości wody do rejonu o największym zapotrzebowaniu hydraulicznym, jak podano wyżej dla rejonów chronionych.

11.5.6 W przypadku gdy instalacja zraszająca nie jest częścią instalacji wodnohydrantowej, należy zapewnić jej podłączenie do statkowej instalacji wodnohydrantowej poprzez zawór zaporowy.

11.5.7 Zdalne uruchamianie pomp zasilających instalację zraszającą oraz zdalne obsługiwanie zwykle zamkniętych zaworów instalacji powinno być umiejscowione w łatwo dostępnym miejscu, które będzie dostępne w przypadku pożaru w rejonach chronionych.

11.5.8 Dysze powinny być typu zatwierdzonego z otworem przelotowym i tak umieszczone, aby zapewniały skuteczny rozdział wody w obrębie chronionych przestrzeni.

11.6 Wymagania dotyczące proszkowej instalacji gaśniczej

11.6.1 Stała proszkowa instalacja gaśnicza powinna być zainstalowana w rejonie stacji bunkrowania, tak aby objąć zasięgiem działania wszystkie ewentualne miejsca wycieku. Wydajność instalacji powinna wynosić co najmniej 3,5 kg/s przez co najmniej 45 s. Powinna być zapewniona możliwość łatwego ręcznego uruchamiania instalacji z bezpiecznego miejsca znajdującego się poza rejonem chronionym.

11.6.2 Oprócz innych przenośnych gaśnic, które mogą być wymagane w innych dokumentach IMO, w pobliżu stacji bunkrowania należy umieścić jedną przenośną gaśnicę proszkową o pojemności nie mniejszej od 5 kg.

11.7 Wymagania dotyczące instalacji wykrywania i sygnalizacji pożaru

11.7.1 W przestrzeniach magazynowania paliwa oraz w szybie wentylacyjnym systemu bezpiecznego magazynowania paliwa poniżej pokładu oraz we wszystkich innych pomieszczeniach instalacji paliwa gazowego, w których może pojawić się pożar należy zainstalować stałą instalację wykrywania oraz sygnalizacji pożaru spełniającą wymagania Kodeksu systemów bezpieczeństwa pożarowego (Kodeks FSS).

11.7.2 Same czujki dymu nie mogą być uznane za wystarczające środki do szybkiego wykrycia pożaru.

12 ZAPOBIEGANIE WYBUCHOWI

12.1 Cel

Celem tego rozdziału jest przedstawienie wymagań dotyczących zapobiegania wybuchom oraz ograniczania ich skutków.

12.2 Wymagania funkcjonalne

Niniejszy rozdział powiązany jest z wymaganiami funkcjonalnymi przedstawionymi w 3.2.2 do 3.2.5, 3.2.7, 3.2.8, 3.2.12 do 3.2.14 oraz 3.2.17. W szczególności zastosowanie mają poniższe wymagania:

Prawdopodobieństwo wybuchu należy zmniejszyć do minimum poprzez:

- .1 zredukowanie liczby źródeł zapłonu; oraz
- .2 zredukowanie prawdopodobieństwa tworzenia się mieszanin palnych.

12.3 Wymagania ogólne

12.3.1 Rejony niebezpieczne na pokładzie otwartym oraz inne przestrzenie nie wymienione w tym rozdziale należy ustanowić w oparciu o uznaną normę¹⁹. Wyposażenie elektryczne zainstalowane w rejonach niebezpiecznych powinno spełniać wymagania tej samej normy.

12.3.2 Wyposażenie i przewody elektryczne nie powinny być ogólnie instalowane w rejonach niebezpiecznych, chyba że są ważne z eksploatacyjnego punktu widzenia, w oparciu o uznaną normę.²⁰

¹⁹ Patrz norma IEC 60092-502, część 4.4: Zbiornikowce przewożące palne gazy skroplone

12.3.3 Wyposażenie elektryczne zainstalowane w pomieszczeniach maszynowych chronionych systemem ESD powinno spełniać następujące wymagania:

.1 oprócz czujników ognia oraz wodoru oraz sygnałów alarmowych pożaru i obecności gazu, oświetlenie oraz wentylatory powinny być certyfikowane jako bezpieczne dla strefy 1 rejonu niebezpiecznego; oraz

.2 całe wyposażenie elektryczne w pomieszczeniu maszynowym, w którym znajdują się silniki zasilane gazem i które nie jest certyfikowane dla strefy 1, powinno zostać automatycznie odłączone w przypadku gdy dwa czujniki zainstalowane w przestrzeni, w której znajdują się odbiorniki gazu wykryły gaz o stężeniu powyżej 40% dolnej granicy wybuchowości (LEL).

12.4 Wymagania dotyczące klasyfikacji rejonów

12.4.1 Klasyfikacja według rejonów polega na analizowaniu i klasyfikowaniu rejonów, w których mogą wystąpić gazowe atmosfery wybuchowe. Celem klasyfikacji jest umożliwienie doboru aparatury elektrycznej bezpiecznie działającej w tych rejonach.

12.4.2 W celu ułatwienia doboru odpowiedniej aparatury elektrycznej oraz zaprojektowania odpowiednich instalacji elektrycznych, rejonu niebezpieczne zostały podzielone na strefy 0, 1 oraz 2²¹. Patrz także 12.5 poniżej.

12.4.3 Kanały wentylacyjne powinny mieć taką samą klasyfikację rejonów jak przestrzeń którą wentylują.

12.5 Strefy rejonów niebezpiecznych

12.5.1 Strefa 0 rejonu niebezpiecznego

Strefa ta obejmuje co najmniej wnętrza zbiorników paliwowych, przewody upustu ciśnienia lub inne instalacje odprowadzające gazy ze zbiorników paliwowych, rurociągów oraz wyposażenia zawierającego paliwo.

12.5.2 Strefa 1 rejonu niebezpiecznego²²

Strefa ta obejmuje co najmniej:

- .1 przestrzenie przyłączeniowe zbiorników, przestrzenie magazynowe paliwa²³ oraz przestrzenie międzybarierowe;
- .2 pomieszczenia przygotowania paliwa z zainstalowaną wentylacją zgodnie z 13.6;
- .3 rejonu pokładu otwartego lub półzamknięte przestrzenie na pokładzie, położone do 3 m od jakiegokolwiek wylotu zbiornika paliwowego, wylotu gazu lub par²⁴, zaworu kolektora bunkrowania, innych zaworów paliwa, kołnierzy rurociągów paliwa, wylotów wentylacyjnych pomieszczenia obróbki paliwa oraz otworów zbiornika

²⁰ Patrz norma IEC 60092-502: IEC 60092-502:1999 Instalacje elektryczne na statkach – Zbiornikowce – właściwości specjalne oraz IEC 60079-10-1:2008 Atmosfery wybuchowe – część 10-1: Klasyfikacja stref – Atmosfery wybuchowe gazu, według klasyfikacji stref.

²¹ Patrz normy IEC 60079-10-1:2008 Atmosfery wybuchowe część 10-1: Klasyfikacja stref – Gazowe atmosfery wybuchowe i wytyczne oraz przykłady podane w normie IEC 60092-502:1999, Instalacje elektryczne na statkach – Zbiornikowce – Właściwości specjalne w przypadku zbiornikowców.

²² Oprzyrządowanie i aparatura elektryczna zainstalowane w tych rejonach powinny być typu odpowiedniego dla strefy 1.

²³ Przestrzenie magazynowe paliwa w przypadku zbiorników typu C nie są normalnie zaliczane do strefy 1.

²⁴ Do takich rejonów należą, na przykład, wszystkie rejonu w odległości 3 m od włączów zbiorników paliwowych, otworów ułożowych lub rur pomiarowych zbiorników paliwowych umieszczonych na pokładzie otwartym oraz wylotów par gazu.

paliwowego do upustu ciśnienia pozwalających na przepływ małych ilości mieszanin gazu lub par wywołany zmianami termicznymi;

- .4 rejon pokładu otwartego lub półzamknięte przestrzenie pokładu położone do 1,5 m od wejścia do pomieszczenia przygotowania paliwa, wlotów wentylacyjnych tego pomieszczenia oraz innych otworów prowadzących do strefy 1;
- .5 rejon pokładu otwartego w obrębie zrębnic ograniczających wycieki z zaworów kolektora bunkrowania paliwa gazowego oraz rejon w odległości do 3 m poza tymi zrębnicami, do wysokości 2,4 m ponad pokładem;
- .6 przestrzeń zamknięta lub półzamknięta, w których znajdują się rury zawierające paliwo, np. kanały wokół rurociągów paliwowych, półzamknięte stacje bunkrowania;
- .7 pomieszczenie maszynowe chronione systemem ESD w normalnej eksploatacji jest uznawane za rejon bezpieczny, ale wymaga się aby wyposażenie w nim umieszczone, które będzie musiało działać po wykryciu wycieku gazu, było certyfikowane jako odpowiednie do strefy 1;
- .8 przestrzeń chroniona przez służbę powietrzną w normalnej eksploatacji jest uznawana za rejon bezpieczny, ale wymaga się aby wyposażenie w niej umieszczone, które musi działać po utracie różnicy ciśnień między pomieszczeniem chronionym a rejonem niebezpiecznym, było certyfikowane jako odpowiednie do strefy 1; oraz
- .9 z wyjątkiem zbiorników typu C, rejon w odległości 2,4 m od zewnętrznej powierzchni systemu bezpiecznego magazynowania paliwa, gdy taka powierzchnia jest odsłonięta na warunki atmosferyczne.

12.5.3 Strefa 2 rejonu niebezpiecznego²⁵

12.5.3.1 Strefa ta obejmuje co najmniej rejon w odległości 1,5 od granic otwartych lub półzamkniętych przestrzeni strefy 1.

12.5.3.2 Przestrzeń zawierająca zamknięty śrubami włącz do przestrzeni przyłączeniowej zbiornika.

13 WENTYLACJA

13.1 Cel

Celem tego rozdziału jest przedstawienie wymagań dotyczących wentylacji wymaganej do bezpiecznego działania urządzeń maszynowych i wyposażenia zasilanych gazem.

13.2 Wymagania funkcjonalne

Niniejszy rozdział powiązany jest z wymaganiami funkcjonalnymi przedstawionymi w 3.2.2, 3.2.5, 3.2.8, 3.2.10, 3.2.12 do 3.2.14 oraz 3.2.17.

13.3 Wymagania ogólne

13.3.1 Wszelkie kanały wykorzystywane do wentylacji przestrzeni niebezpiecznych powinny być oddzielone od kanałów wykorzystywanych do wentylacji przestrzeni bezpiecznych. Wentylacja ta powinna działać przy każdej temperaturze i we wszystkich warunkach środowiskowych, w których statek będzie eksploatowany.

13.3.2 Silniki elektryczne wentylatorów nie powinny być umieszczone w kanałach wentylacyjnych przestrzeni niebezpiecznych, chyba że silniki te są certyfikowane do działania w tym samym rejonie niebezpiecznym jak przestrzeń, którą obsługują wentylatory.

²⁵ Oprzyrządowanie oraz aparatura elektryczna zainstalowana w tych rejonach powinny być typu odpowiedniego do działania w strefie 2.

13.3.3 Konstrukcja wentylatorów obsługujących przestrzenie, w których znajdują się źródła gazu, powinien spełniać poniższe wymagania:

.1 Wentylatory nie powinny tworzyć źródła zapłonu par ani w przestrzeni wentylowanej ani w instalacji wentylacyjnej związanej z tą przestrzenią. Wentylatory oraz kanały wentylacyjne, tylko w rejonie wentylatorów, powinny posiadać budowę przeciwiskrową w postaci:

.1 wirników lub obudów niemetalowych, z odpowiednim uwzględnieniem eliminacji ładunków elektrostatycznych;

.2 wirników i obudów z metali nieżelaznych;

.3 wirników i obudów z nierdzewnej stali austenitycznej;

.4 wirników ze stopów aluminium lub stopów magnezu oraz obudów z metali żelaznych (włącznie z nierdzewną stalą austenityczną), na których zainstalowano pierścień odpowiedniej grubości z materiałów nieżelaznych w rejonie wirnika, z odpowiednim uwzględnieniem obecności ładunków elektrostatycznych oraz korozji między pierścieniem a obudową; lub

.5 dowolnego połączenia wirników z metali żelaznych (włączając nierdzewną stal austenityczną) oraz obudów przy konstrukcyjnym luzie promieniowym nie mniejszym od 13 mm.

.2 W żadnym przypadku promieniowa szczelina pomiędzy wirnikiem a obudową nie powinna być mniejsza od 0,1 średnicy wału wirnika w rejonie łożyska i nie mniejsza od 2 mm. Szczelina nie musi być większa od 13 mm.

.3 Wszelkie połączenie elementu stałego lub wirującego ze stopu aluminium lub magnezu z elementem stałym lub wirującym z zawartością żelaza, niezależnie od luzu promieniowego, uznawane jest za powodujące zagrożenie iskrzeniem i nie powinno być stosowane w tych miejscach.

13.3.4 Jeśli nie zostało to inaczej określone w niniejszym kodeksie, instalacje wentylacyjne wymagane w celu zapobiegania gromadzeniu się gazu powinny składać się z niezależnych wentylatorów, z których każdy powinien mieć odpowiednią wydajność.

13.3.5 Doloty powietrza zamkniętych przestrzeni niebezpiecznych powinny być doprowadzone z rejonów, które przy braku tych dolotów byłyby bezpieczne. Doloty powietrza zamkniętych przestrzeni bezpiecznych powinny być doprowadzone z miejsc w przestrzeniach bezpiecznych znajdujących się w odległości co najmniej 1,5 m od granic rejonu niebezpiecznego. W przypadku gdy kanał dolotowy przechodzi przez przestrzeń bardziej niebezpieczną, powinien być on gąszczelny i mieć ciśnienie wyższe w stosunku do ciśnienia tej przestrzeni.

13.3.6 Wyloty powietrza z przestrzeni bezpiecznych powinny znajdować się poza rejonami niebezpiecznymi.

13.3.7 Wyloty powietrza z niebezpiecznych przestrzeni zamkniętych powinny znajdować się w takiej przestrzeni otwartej, która przy braku takich wylotów, miałyby ten sam lub wyższy poziom bezpieczeństwa od przestrzeni wentylowanej.

13.3.8 Wymagana wydajność instalacji wentylacyjnej jest zwykle dostosowana do całkowitej objętości pomieszczenia. W przypadku pomieszczeń o skomplikowanym kształcie niezbędne może być zwiększenie wymaganej wydajności wentylacyjnej.

13.3.9 Przestrzenie bezpieczne, które posiadają wejścia do rejonów niebezpiecznych powinny posiadać służę powietrzną, a ciśnienie wewnątrz nich powinno być utrzymywane na poziomie

wyższym od ciśnienia rejonu niebezpiecznego. Wentylacja nadciśnieniowa powinna spełniać poniższe wymagania:

.1 Podczas początkowego uruchamiania lub po zaniku wentylacji nadciśnieniowej, przed zasileniem energią jakiegokolwiek instalacji elektrycznej, która nie jest certyfikowana jako bezpieczna dla danej przestrzeni przy braku ciśnienia, wymagane będzie:

- .1** przeprowadzenie odgazowania (co najmniej 5 wymian powietrza) lub potwierdzenie za pomocą pomiarów, że przestrzeń jest bezpieczna;
- .2** spowodowanie nadciśnienia w przestrzeni.

.2 Działanie wentylacji nadciśnieniowej należy kontrolować, a w przypadku jej awarii:

- .1** w miejscu obsadzonym wachtą powinien być podany dźwiękowy i świetlny sygnał alarmowy; oraz
- .2** w przypadku gdy niemożliwe jest natychmiastowe przywrócenie nadciśnienia, wymagane będzie automatyczne lub programowane odłączenie instalacji elektrycznej, zgodnie z uznaną normą²⁶.

13.3.10 Przestrzenie bezpieczne, które mają wejścia do zamkniętych przestrzeni niebezpiecznych, powinny posiadać służbę powietrzną, a ciśnienie przestrzeni niebezpiecznej powinno być utrzymywane na poziomie niższym w stosunku do ciśnienia przestrzeni bezpiecznej. Należy kontrolować działanie wentylacji wyciągowej w przestrzeni niebezpiecznej, a w przypadku awarii tej wentylacji:

- .1** w miejscu obsadzonym wachtą powinien być podany dźwiękowy i świetlny sygnał alarmowy; oraz
- .2** w przypadku gdy niemożliwe jest natychmiastowe przywrócenie podciśnienia, wymagane będzie automatyczne lub programowane odłączenie instalacji elektrycznej w przestrzeni bezpiecznej, zgodnie z uznaną normą.

13.4 Wymagania dotyczące przestrzeni przyłączeniowej zbiornika

13.4.1 Przestrzeń przyłączeniowa zbiornika powinna być wyposażona w skuteczną mechaniczną wymuszoną wentylację wyciągową. Wentylacja ta powinna mieć wydajność co najmniej 30 wymian powietrza na godzinę. Ilość wymian powietrza może być zmniejszona, jeśli zainstalowano inne odpowiednie środki przeciwwybuchowe. Równoważność instalacji alternatywnych należy wykazać poprzez ocenę ryzyka.

13.4.2 W szybie wentylacyjnym przestrzeni przyłączeniowej zbiornika należy zainstalować zatwierdzone automatyczne kłapy pożarowe, bezpieczne w przypadku uszkodzenia.

13.5 Wymagania dotyczące pomieszczeń maszynowych

13.5.1 Instalacja wentylacyjna pomieszczeń maszynowych, w których znajdują się urządzenia zasilane gazem powinna być niezależna od innych instalacji wentylacyjnych.

13.5.2 Pomieszczenia maszynowe chronione systemem ESD powinny posiadać wentylację pozwalającą na co najmniej 30 wymian powietrza na godzinę. Instalacja wentylacyjna powinna zapewniać dobrą cyrkulację powietrza we wszystkich przestrzeniach, a w szczególności wykrywanie tworzenia się kieszeni gazowych w pomieszczeniach. Jako alternatywa akceptowane są instalacje pozwalające na co najmniej 15 wymian powietrza na godzinę w pomieszczeniach maszynowych przy normalnej eksploatacji, pod warunkiem że po

²⁶ Patrz norma IEC 60092-502:1999 Instalacje elektryczne na statkach – zbiornikowce – właściwości specjalne, tabela 5

wykryciu gazu w takiej przestrzeni liczba wymian powietrza zwiększy się automatycznie do 30 na godzinę.

13.5.3 W przypadku pomieszczeń maszynowych chronionych systemem ESD, urządzenia wentylacyjne powinny zapewniać wystarczającą redundancję, tak aby uzyskać wysoką dostępność urządzeń wentylacyjnych, jak określono w normach dopuszczonych przez Organizację.²⁷

13.5.4 Liczba i moc wentylatorów obsługujących siłownie chronione systemem ESD oraz instalacje wentylacyjne z rurami o podwójnych ścianach w siłowniach gazobezpiecznych powinny być takie, aby całkowita wydajność wentylacyjna nie została zredukowana o więcej niż 50%, w przypadku wyłączenia wentylatora jeśli jest on zasilany oddzielnym obwodem z rozdzielniczy głównej lub awaryjnej lub grupy wentylatorów jeśli są one zasilane wspólnym obwodem z rozdzielniczy głównej lub awaryjnej.

13.6 Wymagania dotyczące pomieszczenia przygotowania paliwa

13.6.1 Pomieszczenia przygotowania paliwa powinny być wyposażone w skuteczną instalację wentylacji mechanicznej typu podciśnieniowego, o wydajności wynoszącej co najmniej 30 wymian powietrza na godzinę.

13.6.2 Liczba i moc wentylatorów powinny być takie aby całkowita wydajność wentylacyjna nie została zredukowana o więcej niż 50% wydajności całkowitej, w przypadku wyłączenia wentylatora jeśli jest on zasilany oddzielnym obwodem z rozdzielniczy głównej lub awaryjnej lub grupy wentylatorów jeśli są one zasilane wspólnym obwodem z rozdzielniczy głównej lub awaryjnej.

13.6.3 Instalacje wentylacyjne pomieszczeń przygotowania paliwa powinny działać podczas pracy pomp lub sprężarek.

13.7 Wymagania dotyczące stacji bunkrowania

Stacje bunkrowania, które nie znajdują się na pokładzie otwartym powinny być odpowiednio wentylowane w taki sposób, aby pary uwalniane podczas operacji bunkrowania były usuwane na zewnątrz. Jeśli wentylacja naturalna jest niewystarczająca, należy przewidzieć wentylację mechaniczną, zgodnie z oceną ryzyka wymaganą w 8.3.1.1.

13.8 Wymagania dotyczące kanałów i podwójnych rur

13.8.1 Kanały i podwójne rury, w których znajdują się rurociągi paliwa powinny być wyposażone w skuteczną mechaniczną instalację wentylacyjną wyciągową, o wydajności wynoszącej co najmniej 30 wymian powietrza na godzinę. Nie dotyczy to rur podwójnych w siłowni, jeśli spełniają wymaganie zawarte w 9.6.1.1.

13.8.2 Instalacja wentylacyjna rur podwójnych oraz przestrzeni zespołu zaworów gazowych w siłowniach gazobezpiecznych powinna być niezależna od innych instalacji wentylacyjnych.

13.8.3 Dolot wentylacji rurociągu o podwójnych ścianach lub kanału powinien być zawsze usytuowany w rejonie bezpiecznym, z daleka od źródeł zapłonu. Otwór dolotu powinien być wyposażony w odpowiednią ochronną siatkę stalową i chroniony przed wniknięciem wody.

13.8.4 Instalacja wentylacyjna kanału rurociągu lub rurociągu o podwójnych ścianach może mieć wydajność niższą od 30 wymian powietrza na godzinę, jeśli zapewniona jest szybkość przepływu minimum 3 m/s. Szybkość przepływu powinna być obliczana dla kanału z zainstalowanym rurociągiem paliwowym oraz innymi elementami.

²⁷ Patrz norma IEC 60079-10-1

14 INSTALACJE ELEKTRYCZNE

14.1 Cel

Celem tego rozdziału jest przedstawienie wymagań dotyczących instalacji elektrycznych, minimalizujących ryzyko zapłonu przy wystąpieniu atmosfery palnej.

14.2 Wymagania funkcjonalne

Niniejszy rozdział powiązany jest z wymaganiami funkcjonalnymi zawartymi w 3.2.1, 3.2.2, 3.2.4, 3.2.7, 3.2.8, 3.2.11, 3.2.13 oraz 3.2.16 do 3.2.18. Szczególne zastosowanie mają następujące wymagania:

Instalacje wytwarzania i rozdziału energii elektrycznej oraz związane z nimi systemy sterowania powinny być tak zaprojektowane, aby pojedyncze uszkodzenie nie prowadziło do zaniku zdolności utrzymania ciśnień w zbiornikach paliwowych oraz temperatury konstrukcji kadłuba w przyjętych zakresach eksploatacyjnych.

14.3 Wymagania ogólne

14.3.1 Instalacje elektryczne powinny być zgodne z normą co najmniej równoważną do normy dopuszczonej przez Organizację²⁸.

14.3.2 Wyposażenie i przewody elektryczne nie powinny być instalowane w rejonach niebezpiecznych, chyba że są one niezbędne ze względów eksploatacyjnych lub bezpieczeństwa.

14.3.3 Jeżeli wyposażenie elektryczne jest zainstalowane w rejonach niebezpiecznych, jak na to zezwala paragraf 14.3.2, to powinno być ono dobrane, zainstalowane oraz utrzymywane zgodnie z normami co najmniej równoważnymi tym, które zostały zaakceptowane przez Organizację.²⁹

Wyposażenie dla rejonów niebezpiecznych powinno być ocenione oraz certyfikowane lub zawarte w wykazie akredytowanej instytucji badającej takie wyposażenie lub instytucji notyfikowanej uznanej przez Administrację.

14.3.4 Należy przeprowadzić analizę stanów awaryjnych i ich skutków (FMEA) dotyczącą pojedynczych awarii instalacji wytwarzania i rozdziału energii elektrycznej podanych w 14.2 oraz udokumentować je, wykazując że są równoważne co najmniej tym, które zostały zaakceptowane przez Organizację.³⁰

14.3.5 Instalacja oświetleniowa rejonów niebezpiecznych powinna zostać rozdzielona na co najmniej dwa obwody. Wszystkie wyłączniki i urządzenia zabezpieczające powinny przerywać wszystkie bieguny i fazy i powinny być umieszczone w rejonie bezpiecznym.

14.3.6 Wyposażenie elektryczne na statku powinno być tak zainstalowane, aby było zapewnione jego bezpieczne uziemienie do kadłuba statku.

14.3.7 Należy przewidzieć środki sygnalizowania niskiego poziomu cieczy oraz automatycznego wyłączenia silników w przypadku niskiego poziomu cieczy. Automatyczne wyłączenie może być realizowane za pomocą wykrycia niskiego ciśnienia podawania pompy, niskiego natężenia prądu silnika lub niskiego poziomu cieczy. Wyłączenie to powinno być sygnalizowane w postaci alarmu dźwiękowego i świetlnego na mostku nawigacyjnym, w stale obsadzonym centralnym stanowisku sterowania lub w centrali bezpieczeństwa.

²⁸ Patrz odpowiednie normy serii IEC 60092.

²⁹ Patrz zalecenia opublikowane przez Międzynarodową komisję elektrotechniczną, w szczególności w Publikacji IEC 60092-502:1999.

³⁰ Patrz norma IEC 60812.

14.3.8 Silniki zanurzonych pomp paliwowych oraz ich przewody zasilające mogą być instalowane w systemach bezpiecznego magazynowania skroplonego paliwa gazowego. Powinna istnieć możliwość odcięcia silników pomp paliwowych od zasilania elektrycznego podczas operacji odgazowania.

14.3.9 W przypadku przestrzeni bezpiecznych, dostępnych z przestrzeni niebezpiecznej na pokładzie otwartym poprzez służę powietrzną, wyposażenie elektryczne które nie jest typu certyfikowanego jako bezpieczny powinno być odłączone od źródła zasilania elektrycznego po zaniku nadciśnienia w tej przestrzeni.

14.3.10 Wyposażenie elektryczne urządzeń napędu, wytwarzania energii, manewrowania, kotwiczenia i cumowania oraz awaryjnych pomp pożarowych, które znajduje się w przestrzeniach chronionych słuzami powietrznymi, powinno być certyfikowane jako bezpieczne.

15 SYSTEMY STEROWANIA, KONTROLI ORAZ BEZPIECZEŃSTWA

15.1 Cel

Celem tego rozdziału jest przedstawienie wymagań dotyczących urządzeń sterowania, kontroli oraz bezpieczeństwa wspierających skuteczne i bezpieczne działanie instalacji zasilanych gazem objętych wymaganiami innych rozdziałów tego kodeksu.

15.2 Wymagania funkcjonalne

Niniejszy rozdział powiązany jest z wymaganiami funkcjonalnymi zawartymi w 3.2.1, 3.2.2, 3.2.11, 3.2.13 do 3.2.15, 3.2.17 oraz 3.2.18. Szczególne zastosowanie mają następujące wymagania:

- .1** systemy sterowania, kontroli i bezpieczeństwa instalacji zasilanych gazem powinny pozwalać na to aby w przypadku pojedynczej awarii pozostała moc służąca do napędu i wytwarzania energii była zgodna z 9.3.1;
- .2** gazowy system bezpieczeństwa powinien automatycznie zamykać instalację zasilania gazem w przypadku awarii w instalacjach opisanych w tabeli 1 oraz w przypadku innych awarii, których rozwój może być zbyt szybki na interwencję manualną;
- .3** w przypadku układów maszynowych chronionych systemem ESD, system bezpieczeństwa powinien zamknąć zasilanie gazem po wycieku gazu i dodatkowo odłączyć całe wyposażenie elektryczne w pomieszczeniach maszynowych, które nie jest certyfikowane jako bezpieczne;
- .4** funkcje bezpieczeństwa powinny być zgrupowane w specjalnym systemie bezpieczeństwa gazowego, który jest niezależny od systemu sterowania gazem, w celu uniknięcia ewentualnych awarii wywołanych częstymi przyczynami. Obejmuje to zasilanie energetyczne oraz sygnały wejścia i wyjścia;
- .5** systemy bezpieczeństwa włącznie z oprzyrządowaniem kontrolnym powinny być tak skonstruowane, aby zapobiegać nieuzasadnionemu wyłączaniu instalacji, np. w wyniku wadliwego działania czujnika gazu lub przerwania obwodu w pętli czujnika; oraz
- .6** w przypadku gdy spełnienie wymagań wiąże się z zainstalowaniem co najmniej dwu instalacji zasilania gazem, każda z nich powinna być wyposażona we własne i niezależne instalacje sterowania i bezpieczeństwa.

15.3 Wymagania ogólne

15.3.1 Należy zainstalować odpowiednie przyrządy pomiarowe pozwalające na lokalny i zdalny odczyt istotnych parametrów w celu zapewnienia bezpiecznej obsługi całego wyposażenia paliwowo-gazowego, z uwzględnieniem operacji bunkrowania.

15.3.2 Studzienkę zęzową w każdej przestrzeni przyłączeniowej niezależnego zbiornika magazynowania skroplonego gazu należy wyposażyć zarówno we wskaźnik poziomu jak i w czujnik temperatury. Wysoki poziom w studziencie zęzowej powinien być sygnalizowany w postaci alarmu. Wskazanie niskiej temperatury powinno uruchamiać system bezpieczeństwa.

15.3.3 W przypadku zbiorników nie zainstalowanych na stałe na statku, należy zainstalować system kontrolny, taki jak dla zbiorników zainstalowanych na stałe.

15.4 Wymagania dotyczące systemów kontrolnych bunkrowania oraz zbiornika skroplonego paliwa gazowego

15.4.1 Wskaźniki poziomu w zbiornikach gazu skroplonego

.1 Każdy zbiornik skroplonego paliwa gazowego należy wyposażyć w przyrząd(y) pomiaru poziomu cieczy pozwalający(e) na odczyty wskazań poziomu przez cały czas eksploatacji zbiornika. Przyrząd(y) powinny być zaprojektowany(e) tak, aby działał(y) w całym zakresie projektowych ciśnień zbiornika gazu skroplonego i w pełnym zakresie temperatur eksploatacyjnych paliwa.

.2 Jeśli zainstalowano tylko jeden przyrząd pomiaru poziomu cieczy, powinien on być tak umieszczony, aby był utrzymywany w stanie sprawnego funkcjonowania bez potrzeby opróżniania lub odgazowania zbiornika.

.3 Można instalować następujące typy wskaźników poziomu cieczy zbiornika gazu skroplonego:

.1 przyrządy pomiaru pośredniego, które określają ilość paliwa za pomocą pomiaru jego ciężaru lub pomiaru przepływu w przewodzie paliwowym; lub

.2 przyrządy zamknięte, które nie penetrują zbiornika skroplonego gazu, takie jak przyrządy stosujące izotopy promieniotwórcze lub przyrządy ultradźwiękowe;

15.4.2 Kontrola przelewu

.1 Każdy zbiornik skroplonego paliwa gazowego powinien być wyposażony w sygnalizację alarmową wysokiego poziomu cieczy dającą ostrzeżenia dźwiękowe i optyczne działającą niezależnie od innych wskaźników poziomu cieczy.

.2 Dodatkowy czujnik działający niezależnie od alarmu wysokiego poziomu cieczy powinien automatycznie uruchamiać zawór zamykający, tak aby uniknąć nadmiernego ciśnienia cieczy w rurociągu bunkrowania paliwa oraz jednocześnie zapobiec całkowitemu zapełnieniu cieczą zbiornika skroplonego gazu.

.3 Położenie czujników w zbiorniku skroplonego paliwa gazowego powinno być możliwe do zweryfikowania przed włączeniem do eksploatacji. Przy pierwszym pełnym załadunku po dostarczeniu statku oraz po każdym dokowaniu należy przeprowadzić próby sygnalizacji alarmowej wysokiego poziomu cieczy poprzez podniesienie poziomu cieczy w zbiorniku do poziomu alarmowego.

.4 Powinno być możliwe poddanie próbom działania wszystkich elementów sygnalizacji alarmowej poziomu, włącznie z obwodami elektrycznymi oraz czujnikami sygnalizacji wysokiego poziomu napełnienia i przepelnienia. Systemy powinny być poddane próbom przed podjęciem operacji z paliwem zgodnie z 18.4.3.

.5 Tam gdzie przewidziano urządzenia do przestawienia działania systemu kontroli przelewu na tryb manualny, powinny one być tak zbudowane, aby niemożliwe było ich przypadkowe uruchomienie.

W przypadku gdy urządzenia do kontroli w trybie manualnym są włączone przez

operatora, należy przewidzieć ciągłą sygnalizację świetlną na mostku nawigacyjnym, w stale obsadzonym centralnym stanowisku sterowania lub w centrum bezpieczeństwa.

15.4.3 Przestrzeń par każdego zbiornika skroplonego gazu powinna być zaopatrzona w przyrząd bezpośredniego odczytu. Dodatkowo, należy zapewnić wskazanie pomiaru pośredniego na mostku nawigacyjnym, stale obsadzonym centralnym stanowisku sterowania lub w centrum bezpieczeństwa.

15.4.4 Mierniki ciśnienia powinny mieć wyraźnie oznaczoną najwyższą i najniższą wartość ciśnienia dopuszczalną dla danego zbiornika.

15.4.5 Mostek nawigacyjny, stale obsadzone stanowisko sterowania lub pokładowe centrum bezpieczeństwa należy wyposażyć w sygnalizację alarmową wysokiego ciśnienia oraz, gdy wymagana jest ochrona podciśnieniowa, sygnalizację niskiego ciśnienia. Alarmy powinny zadziałać zanim zostaną osiągnięte wartości nastaw zaworów bezpieczeństwa.

15.4.6 Każdy przewód tłoczenia pompy paliwowej oraz każdy kolektor paliwa gazowego i skroplonego powinny być wyposażone w co najmniej jeden lokalny wskaźnik ciśnienia.

15.4.7 Należy zainstalować lokalny wskaźnik odczytu ciśnienia kolektora w celu wskazywania ciśnienia pomiędzy zaworami kolektora statku a lądowymi przyłączami węży.

15.4.8 Przestrzenie magazynowe paliwa oraz przestrzenie międzybarierowe nie posiadające otwartego wylotu do atmosfery powinny być wyposażone w manometr.

15.4.9 Co najmniej jeden zainstalowany manometr powinien być w stanie podawać wskazania w całym zakresie ciśnień eksploatacyjnych.

15.4.10 W przypadku zanurzonych silników pomp paliwowych oraz ich przewodów zasilających należy zainstalować urządzenia alarmowe sygnalizujące niski poziom cieczy i automatycznie wyłączające silniki w przypadku niskiego poziomu cieczy. Wyłączenie automatyczne może nastąpić po wykryciu niskiego ciśnienia na tłoczeniu pompy, niskiego natężenia prądu silnika lub niskiego poziomu cieczy. Wyłączenie to powinno być sygnalizowane dźwiękowo i świetlnie na mostku nawigacyjnym, w stale obsadzonym stanowisku sterowania lub w centrum bezpieczeństwa.

15.4.11 Z wyjątkiem niezależnych zbiorników typu C wyposażonych w podciśnieniowy system izolacji oraz nadciśnieniowy zespół wyładunku paliwa, każdy zbiornik paliwowy powinien być wyposażony w przyrządy do pomiaru i wskazywania temperatury paliwa co najmniej w trzech miejscach: na dnie i w środkowej części zbiornika, a także w górnej jego części poniżej najwyższego dopuszczalnego poziomu cieczy.

15.5 Wymagania dotyczące kontroli bunkrowania

15.5.1 Powinno być możliwe prowadzenie kontroli bunkrowania z bezpiecznego miejsca oddalonego od stacji bunkrowania. W miejscu tym powinny być monitorowane ciśnienie zbiornika, temperatura zbiornika jeśli jest to wymagane w 15.4.11 oraz poziom w zbiorniku. Z tego miejsca możliwe powinno być sterowanie zdalne zaworami wymaganymi w 8.5.3 oraz 11.5.7. W tym miejscu powinny być także pokazywane sygnały alarmu przepełnienia zbiornika oraz automatycznego wyłączenia.

15.5.2 W przypadku zatrzymania wentylacji w kanałach otaczających przewody paliwowe, powinien zadziałać dźwiękowy i świetlny sygnał alarmowy w miejscu kontroli bunkrowania, patrz także 15.8.

15.5.3 W przypadku wykrycia gazu w kanale otaczającym przewód paliwowy, powinien zadziałać dźwiękowy i świetlny sygnał alarmowy w miejscu kontroli bunkrowania.

15.6 Wymagania dotyczące monitorowania sprężarki gazu

15.6.1 Sprężarki gazu powinny być wyposażone w dźwiękową i świetlną sygnalizację alarmową na mostku nawigacyjnym oraz w centrali manewrowo-kontrolnej. Sygnały alarmowe powinny obejmować co najmniej niskie ciśnienie gazu na wejściu, niskie i wysokie ciśnienie gazu na wyjściu, działanie sprężarki.

15.6.2 Należy przewidzieć monitorowanie temperatury dławnic przejść grodziowych i łożysk wałów, z automatycznym przekazaniem dźwiękowego i świetlnego sygnału alarmowego na mostku nawigacyjnym lub w stale obsadzonym centralnym stanowisku sterowania.

15.7 Wymagania dotyczące monitorowania silnika gazowego

Oprócz oprzyrządowania przewidzianego zgodnie z częścią C konwencji SOLAS, rozdział II-1, należy zainstalować na mostku nawigacyjnym, na stanowisku sterowania silnikiem oraz na platformie manewrowania wskaźniki dotyczące:

- .1 działania silnika w przypadku silników gazowych; lub
- .2 działania oraz trybu działania w przypadku silników dwupaliwowych.

15.8 Wymagania dotyczące wykrywania gazu

15.8.1 Instalowane na stałe czujniki gazu powinny znajdować się w:

- .1 przestrzeniach przyłączeniowych zbiornika;
- .2 wszystkich kanałach otaczających rurociągi paliwowe;
- .3 pomieszczeniach maszynowych, w których znajdują się rurociągi gazowe, wyposażenie gazowe lub odbiorniki gazu;
- .4 pomieszczeniach sprężarek oraz pomieszczeniach obróbki paliwa;
- .5 innych zamkniętych przestrzeniach, w których znajdują się rurociągi paliwa lub inne wyposażenie paliwowe bez otaczających kanałów;
- .6 innych zamkniętych lub półzamkniętych przestrzeniach, gdzie mogą gromadzić się pary paliwa, włącznie z przestrzeniami międzybarierowymi oraz przestrzeniami magazynowymi paliwa zbiorników niezależnych nie będących zbiornikami typu C;
- .7 szluzach powietrznych;
- .8 zbiornikach rozprężnych gazu układu ogrzewania zbiornika;
- .9 pomieszczeniach silników elektrycznych powiązanych z instalacjami paliwowymi; oraz
- .10 przy wlotach wentylacji do pomieszczeń mieszkalnych i maszynowych, jeśli są wymagane na podstawie oceny ryzyka wymaganej w 4.2.

15.8.2 W każdej przestrzeni chronionej przy pomocy systemu ESD należy zapewnić zapasowe systemy wykrywania gazu.

15.8.3 Liczba czujników w każdej przestrzeni powinna być rozpatrywana z uwzględnieniem jej rozmiaru, układu i wentylacji.

15.8.4 Czujniki powinny być umieszczane w miejscach gromadzenia się gazu oraz w wylotach wentylacji. W celu ustalenia najlepszego usytuowania należy zastosować analizę dyspersji gazu lub fizyczną próbę dymu.

15.8.5 Wyposażenie do wykrywania gazu powinno być zaprojektowane, zainstalowane i poddane próbom zgodnie z uznaną normą³¹.

15.8.6 Przy stężeniu par wynoszącym 20% dolnej granicy wybuchowości (LEL) powinien się uruchamiać sygnał alarmowy dźwiękowy i świetlny. System bezpieczeństwa powinien się aktywować przy stężeniu wynoszącym 40% dolnej granicy wybuchowości, pomierzonym przez dwa czujniki (patrz przypis 1 w tabeli 1).

15.8.7 W przypadku kanałów wentylowanych otaczających rurociągi gazowe w pomieszczeniach maszynowych, w których znajdują się silniki zasilane gazem, nastawa alarmu może wynosić 30% dolnej granicy wybuchowości. System bezpieczeństwa powinien zadziałać przy stężeniu wynoszącym 60% dolnej granicy wybuchowości pomierzonym przez dwa czujniki (patrz przypis 1 w tabeli 1).

15.8.8 Sygnały alarmowe dźwiękowe i świetlne uruchomione przez czujniki gazu powinny być odbierane na mostku nawigacyjnym lub w stale obsadzonym centralnym stanowisku sterowania.

15.8.9 Wykrywanie gazu wymagane w tym rozdziale powinno być ciągłe i bezzwłoczne.

15.9 Wymagania dotyczące wykrywania pożaru

Wymagane działania w zakresie bezpieczeństwa przy wykryciu pożaru w pomieszczeniu maszynowym, w którym znajdują się silniki zasilane gazem oraz w pomieszczeniach ze zbiornikami niezależnymi w przestrzeniach magazynowych paliwa podano w tabeli 1 poniżej.

15.10 Wymagania dotyczące wentylacji

15.10.1 Przy każdym zaniku wymaganej wydajności wentylacyjnej powinien być podawany dźwiękowy i świetlny sygnał alarmowy na mostku nawigacyjnym lub w stale obsadzonym centralnym stanowisku sterowania lub w centrum bezpieczeństwa.

15.10.2 W przypadku pomieszczeń maszynowych chronionych przez system ESD, system bezpieczeństwa powinien zadziałać po zaniku wymaganej wentylacji w siłowni.

15.11 Wymagania dotyczące funkcji bezpieczeństwa instalacji zasilania paliwem

15.11.1 W przypadku odcięcia zasilania paliwem po zadziałaniu zaworu automatycznego, zasilanie to nie może być przywrócone dopóki nie zostanie stwierdzona przyczyna odcięcia i podjęte niezbędne środki zaradcze. Na stanowisku obsługi zaworów odcinających na rurociągach zasilania paliwem należy umieścić dobrze widoczne ostrzeżenia podające odpowiednie instrukcje.

15.11.2 W przypadku wystąpienia wycieku paliwa prowadzącego do zamknięcia zasilania, nie powinno ono być otwarte do czasu znalezienia i zatrzymania wycieku. W widocznym miejscu pomieszczenia maszynowego należy umieścić tabliczki z odpowiednimi ostrzeżeniami.

15.11.3 W pomieszczeniu maszynowym, w którym znajdują się silniki zasilane gazem należy umieścić na stałe plakat lub tablicę z ostrzeżeniem, że w czasie gdy silniki pracują przy zasilaniu gazem nie mogą być wykonywane prace związane z podnoszeniem dużych ciężarów, grożące uszkodzeniem rurociągów paliwowych.

15.11.4 Powinno być możliwe ręczne zdalne zatrzymanie awaryjne sprężarek, pomp i zasilanie paliwem z następujących miejsc, na ile ma to zastosowanie:

- .1** mostek nawigacyjny;

³¹ Patrz norma IEC 60079-29-1 – Atmosfery wybuchowe – detektory gazu – Wymagania funkcjonalne detektorów gazów palnych

- .2 pomieszczenie kontroli ładunku;
- .3 pokładowe centrum bezpieczeństwa;
- .4 centrala maszynowo-kontrolna;
- .5 pożarowe stanowisko dowodzenia; oraz
- .6 miejsce znajdujące się przy wyjściu z pomieszczenia przygotowania paliwa.

Powinno być możliwe ręczne miejscowe awaryjne zatrzymanie sprężarki gazu.

Tabela 1: Monitorowanie instalacji zasilania gazem silników

Parametr	Sygnal alarmowy	Automatyczne zamknięcie zaworu zbiornika ⁶	Automatyczne zamknięcie zasilania gazu do pomieszczenia maszynowego zawierającego silniki gazowe	Uwagi
Wykrycie gazu w przestrzeni przyłączeniowej zbiornika przy stężeniu 20% dolnej granicy wybuchowości	X			
Wykrycie gazu przez dwa czujniki ¹⁾ w przestrzeni przyłączeniowej zbiornika przy stężeniu 40% dolnej granicy wybuchowości	X	X		
Wykrycie pożaru w przestrzeni magazynowej paliwa	X			
Wykrycie pożaru w szybie wentylacyjnym systemu bezpiecznego magazynowania paliwa poniżej pokładu	X			
Wysoki poziom w studzienkach zęzowych w przestrzeni przyłączeniowej zbiornika	X			
Niska temperatura w studzienkach zęzowych w przestrzeni przyłączeniowej zbiornika	X	X		
Wykrycie gazu w kanale pomiędzy zbiornikiem a pomieszczeniem maszynowym zawierającym silniki gazowe przy stężeniu 20% dolnej granicy wybuchowości	X			
Wykrycie gazu przez dwa czujniki ¹⁾ w kanale pomiędzy zbiornikiem a pomieszczeniem maszynowym zawierającym silniki gazowe przy stężeniu 40% dolnej granicy wybuchowości	X	X ²		
Wykrycie gazu w pomieszczeniu przygotowania paliwa przy stężeniu 20% dolnej granicy wybuchowości	X			
Wykrycie gazu przez dwa czujniki ¹⁾ w pomieszczeniu przygotowania paliwa przy stężeniu 40% dolnej granicy wybuchowości	X	X ²		
Wykrycie gazu w kanale wewnątrz pomieszczenia maszynowego zawierającego silniki gazowe przy stężeniu 30% dolnej granicy wybuchowości	X			Jeśli zainstalowano podwójną rurę w pomieszczeniu maszynowym zawierającym silniki gazowe

Parametr	Sygnal alarmowy	Automatyczne zamknięcie zaworu zbiornika ⁶	Automatyczne zamknięcie zasilania gazu do pomieszczenia maszynowego zawierającego silniki gazowe	Uwagi
Wykrycie gazu przez dwa czujniki ¹⁾ w kanale wewnątrz pomieszczenia maszynowego zawierającej silniki gazowe, przy stężeniu 60% dolnej granicy wybuchowości	X		X ³⁾	Jeśli zainstalowano podwójną rurę w pomieszczeniu maszynowym zawierającym silniki gazowe
Wykrycie gazu w pomieszczeniu maszynowym chronionym systemem ESD, zawierającym silniki gazowe, przy stężeniu 20% dolnej granicy wybuchowości	X			
Wykrycie gazu przez dwa czujniki ¹⁾ w pomieszczeniu maszynowym chronionym systemem ESD, zawierającym silniki gazowe, przy stężeniu 40% dolnej granicy wybuchowości	X			Powinno ono odłączyć także niecertyfikowane wyposażenie elektryczne w pomieszczeniu maszynowym zawierającym silniki gazowe
Zanik wentylacji w kanale pomiędzy zbiornikiem a pomieszczeniem maszynowym zawierającym silniki gazowe	X		X ²⁾	
Zanik wentylacji w kanale wewnątrz pomieszczenia maszynowego zawierającego silniki gazowe ⁵⁾	X		X ³⁾	Jeśli zainstalowano podwójną rurę w pomieszczeniu maszynowym zawierającym silniki gazowe
Zanik wentylacji w pomieszczeniu maszynowym chronionym systemem ESD, zawierającym silniki gazowe	X		X	
Wykrycie pożaru w pomieszczeniu maszynowym zawierającym silniki gazowe	X			
Ciśnienie gazu odbiegające od normy w rurociągu zasilającym	X			
Awaria dopływu medium uruchamiającego sterowanie zaworami	X		X ⁴⁾	Zwłoka czasowa, jeśli jest to niezbędne
Automatyczne wyłączenie silnika (awaria silnika)	X		X ³⁾	
Ręcznie uruchamiane awaryjne wyłączenie silnika	X		X	

- 1) Dwa niezależne czujniki gazu znajdujące się blisko siebie są wymagane ze względu na swoją zastępowalność. W przypadku gdy czujnik gazu jest typu samokontrolnego, można zezwolić na zainstalowanie jednego czujnika gazu.
- 2) W przypadku gdy ze zbiornika dostarczany jest gaz do więcej niż jednego silnika, osobne rurociągi zasilające są całkowicie oddzielone i umieszczone w oddzielnych kanałach, a zawory główne umieszczone są poza kanałem, zamykać powinien się tylko zawór główny umieszczony na rurociągu zasilającym prowadzącym do kanału, w którym wykryto gaz lub zanik wentylacji.
- 3) W przypadku gdy gaz dostarczany jest do więcej niż jednego silnika, osobne rurociągi zasilające są całkowicie oddzielone i umieszczone w oddzielnych kanałach, a zawory główne umieszczone są poza kanałem i poza pomieszczeniem maszynowym zawierającym silniki gazowe, zamykać powinien się tylko zawór główny umieszczony na rurociągu zasilającym prowadzącym do kanału, w którym wykryto gaz lub zanik wentylacji.
- 4) Zamykane są tylko zespoły zaporowo-upustowe.
- 5) W przypadku gdy kanał chroniony jest przy użyciu gazu obojętnego (patrz 9.6.1.1) wówczas zanik nadciśnienia gazu obojętnego powinien prowadzić do tych samych działań, jak pokazano w tabeli.
- 6) Zawory wymienione w 9.4.1.

ANEKS

WYMAGANIA NORMATYWNE DOTYCZĄCE STOSOWANIA METODOLOGII OKREŚLANIA STANÓW NOŚNOŚCI GRANICZNEJ PODCZAS PROJEKTOWANIA NOWYCH KONFIGURACJI SYSTEMÓW BEZPIECZNEGO MAGAZYNOWANIA PALIWA

1 POSTANOWIENIA OGÓLNE

1.1 Celem tej normy jest przedstawienie procedur oraz właściwych parametrów projektowania metodą stanów nośności granicznej nowych konfiguracji systemów bezpiecznego magazynowania paliwa, zgodnie z rozdziałem 6.4.16.

1.2 Projektowanie metodą stanów nośności granicznej stanowi usystematyzowane podejście, polegające na ocenie każdego elementu konstrukcji w odniesieniu do możliwych trybów awarii związanych z warunkami projektowymi określonymi w 6.4.1.6. Stan graniczny może być zdefiniowany jako warunki, po przekroczeniu których konstrukcja lub jej część nie spełnia już wymagań przepisów.

1.3 Stany graniczne podzielone są na trzy niżej wymienione kategorie:

- .1 Stany nośności granicznej, odpowiadające maksymalnej zdolności przenoszenia obciążeń lub, w niektórych przypadkach, maksymalnemu odkształceniu, deformacji lub utracie stateczności konstrukcji wynikającym z wyboczenia lub tworzenia się przegubów plastycznych, w stanie nienaruszonym;
- .2 Stany nośności granicznej zmęczeniowe, odpowiadające degradacji konstrukcji ze względu na skutki cyklicznie doświadczanych obciążeń; oraz
- .3 Stany nośności granicznej awaryjne dotyczące odporności konstrukcji na stany wypadkowe.

1.4 Powinny być spełniane wymagania paragrafów 6.4.1 do 6.4.14, jeśli mają zastosowanie w przyjętej koncepcji systemu bezpiecznego magazynowania paliwa.

2 FORMUŁA PROJEKTU

2.1 W niniejszej normie struktura projektowania oparta jest na formule Projektowania za pomocą współczynników bezpieczeństwa obciążeń i wytrzymałości (Load and Resistance Factor Design). Podstawową zasadą tej formuły projektowania jest weryfikowanie czy skutki obciążeń projektowych L_d nie są większe od wytrzymałości obliczeniowej R_d , dla wszystkich rozpatrywanych trybów awarii w dowolnym scenariuszu:

$$L_d \leq R_d$$

Obciążenie obliczeniowe F_{dk} uzyskiwane jest poprzez pomnożenie obciążenia charakterystycznego przez współczynnik obciążenia właściwy dla danej kategorii obciążenia:

$$F_{dk} = \gamma_f \cdot F_k$$

gdzie:

γ_f jest współczynnikiem obciążenia; oraz

F_k jest obciążeniem charakterystycznym określanym zgodnie z 6.4.9 do 6.4.12

Skutek obciążenia projektowego L_d (np. naprężenie, przemieszczenia, drgania) jest najbardziej niekorzystnym skumulowanym skutkiem pochodzącym od obciążeń projektowych i może być on wyrażony następująco:

$$L_d = q(F_{d1}, F_{d2}, \dots, F_{dN})$$

gdzie q oznacza związek funkcjonalny pomiędzy obciążeniem a skutkiem obciążenia określony poprzez analizę konstrukcji.

Wytrzymałość projektowa R_d określana jest następująco:

$$R_d = R_k / \gamma_R \cdot \gamma_C$$

gdzie:

R_k jest wytrzymałością charakterystyczną. W przypadku materiałów objętych rozdziałem 7, może to być, co najmniej, określona minimalna granica plastyczności, określona minimalna wytrzymałość na rozciąganie, wytrzymałość plastyczna przekrojów oraz krańcowa wytrzymałość na wyboczenie;

γ_R jest współczynnikiem wytrzymałościowym, określonym jako $\gamma_R = \gamma_m \cdot \gamma_s$;

γ_m jest częściowym współczynnikiem wytrzymałościowym uwzględniającym probabilistyczny rozkład właściwości materiału (współczynnik materiałowy);

γ_s jest częściowym współczynnikiem wytrzymałościowym uwzględniającym niepewności dotyczące wytrzymałości konstrukcji, takich jak jakość wykonanej konstrukcji, zastosowane metody oceny wytrzymałości konstrukcji oraz jej dokładności; oraz

γ_C jest współczynnikiem klasy skutku, który uwzględnia potencjalne skutki awarii, takie jak wyciek paliwa oraz ewentualne obrażenia ludzi.

2.2 Projekt systemu bezpiecznego magazynowania paliwa powinien uwzględniać potencjalne skutki awarii. W tabeli 1 podano definicje klas skutków, w celu określenia skutków awarii gdy tryb awarii zawiązany jest ze stanem nośności granicznej, stanem nośności granicznej zmęczeniowym lub awaryjnym.

Tabela 1: Klasy skutku

Klasa skutku	Definicja
Niska	Skutkiem awarii jest mały wyciek paliwa
Średnia	Skutkiem awarii jest wyciek paliwa oraz potencjalne obrażenia ludzi
Wysoka	Skutkiem awarii jest znaczny wyciek paliwa oraz bardzo prawdopodobne obrażenia/śmierć ludzi

3 WYMAGANE ANALIZY

3.1 Należy przeprowadzić trójwymiarową analizę metodą elementów skończonych w odniesieniu do zintegrowanego modelu zbiornika i kadłuba statku, włącznie z podporami oraz systemem mocującym zbiorniki. Należy zidentyfikować wszystkie tryby awarii, aby zapobiec nieoczekiwanym przypadkom awarii. Należy przeprowadzić analizy hydrodynamiczne aby określić przyspieszenia i ruchy statku na fali nieregularnej oraz odpowiedź kadłuba statku i systemu bezpiecznego magazynowania paliwa na te siły i ruchy.

3.2 Należy przeprowadzić analizy wytrzymałości na wyboczenie zbiorników paliwa poddanych ciśnieniu zewnętrznemu i innym obciążeniom powodującym naprężenia ściskające, zgodnie z uznanymi normami. Metoda analizy powinna odpowiednio uwzględniać różnice między teoretycznymi a rzeczywistymi naprężeniami wyboczącymi wynikającymi, odpowiednio, z braku płaskości płyt, braku osiowości krawędzi płyt, oraz ich prostoliniowości, owalności oraz odchylenia od właściwego kształtu okrągłego na określonym odcinku łuku lub cięciwy.

3.3 Należy przeprowadzić analizę wytrzymałości zmęczeniowej i propagacji pęknięć, zgodnie z paragrafem 5.1 niniejszej normy.

4 STANY GRANICZNE NOŚNOŚCI

4.1 Wytrzymałość strukturalna może być ustanowiona poprzez próby lub poprzez pełną analizę uwzględniającą zarówno właściwości sprężyste jak i plastyczne materiału. Marginesy bezpieczeństwa wytrzymałości krańcowej należy wprowadzać poprzez częściowe współczynniki bezpieczeństwa z uwzględnieniem stochastycznego charakteru obciążeń i wytrzymałości (obciążenia dynamiczne, obciążenia ciśnieniowe, obciążenia grawitacyjne, wytrzymałość materiału oraz wytrzymałość na wyboczenia).

4.2 W analizie należy uwzględnić odpowiednie kombinacje obciążeń stałych, roboczych oraz środowiskowych, z uwzględnieniem obciążeń od sloshingu. Do oceny stanów granicznych nośności należy użyć co najmniej dwu kombinacji obciążeń ze współczynnikami obciążeń częściowych, jak podano w tabeli 2.

Tabela 2: Współczynniki obciążeń częściowych

Kombinacja obciążeń	Obciążenia stałe	Obciążenia robocze	Obciążenia środowiskowe
'a'	1,1	1,1	0,7
'b'	1,0	1,0	1,3

Współczynniki obciążeń dla obciążeń stałych i roboczych w kombinacji 'a' są właściwe dla znanych i/lub określonych obciążeń systemów bezpiecznego magazynowania paliwa, takich jak prężność par, waga paliwa, waga samego systemu, itp. Wyższe współczynniki obciążeń mogą być właściwe dla obciążeń stałych i roboczych, gdzie wyższe są zmienność naturalna i/lub niepewności modeli prognozowania.

4.3 W przypadku obciążeń od sloshingu, w zależności od wiarygodności metody szacowania, Administracja może wymagać wyższego współczynnika obciążenia.

4.4 W przypadku gdy uważa się, że uszkodzenie konstrukcji systemu bezpiecznego magazynowania paliwa może stanowić potencjalnie duże zagrożenie dla zdrowia ludzi oraz znacznego wycieku paliwa, współczynnik klasy skutku należy przyjmować jako $\gamma_C = 1,2$. Wartość tą można zmniejszyć, jeśli jest to uzasadnione po analizie ryzyka i pod warunkiem zatwierdzenia przez Administrację. Analiza ryzyka powinna uwzględniać czynniki obejmujące co najmniej wyposażenie w pełną lub częściową barierę drugą chroniącą konstrukcje kadłuba przed wyciekami i mniejszymi zagrożeniami związanymi z przewożonym paliwem. Natomiast wyższe wartości mogą być ustalone przez Administrację, na przykład, dla statków przewożących paliwa stwarzające większe zagrożenie lub o wyższym ciśnieniu. W żadnym przypadku współczynnik klasy skutku nie może być mniejszy od 1,0.

4.5 Stosowane współczynniki obciążeń oraz współczynniki wytrzymałościowe powinny zapewniać taki poziom bezpieczeństwa, który będzie równoważny poziomowi systemu bezpiecznego magazynowania paliwa, opisanemu w rozdziałach 6.4.2.1 do 6.4.2.5. Można tego dokonać przez określenie współczynników według znanych dobrych projektów.

4.6 Współczynnik materiałowy γ_m powinien ogólnie odzwierciedlać statystyczny rozkład właściwości mechanicznych materiału i musi być rozpatrywany w powiązaniu ze specyficznymi charakterystycznymi właściwościami mechanicznymi. W przypadku materiałów określonych w rozdziale 6, współczynnik materiałowy γ_m może być przyjmowany jako:

- 1.1 gdy charakterystyczne właściwości mechaniczne podane przez Administrację typowo mieszczą się poniżej kwantylu rzędu 2,5% w statystycznym rozdziale właściwości mechanicznych; lub
- 1.0 gdy charakterystyczne właściwości mechaniczne podane przez Administrację mieszczą się w wystarczająco małym kwantylu, tak że prawdopodobieństwo wystąpienia niższych niż podano właściwości mechanicznych jest ekstremalnie niskie i może być pominięte.

4.7 Częściowe współczynniki wytrzymałościowe γ_{si} powinny być ogólnie określone w oparciu o poziom niepewności dotyczący wykonania konstrukcji w odniesieniu do tolerancji wykonania, jakości budowy, dokładności zastosowanych metod analizy, itp.

4.7.1 Przy projektowaniu mającym na celu uniknięcie nadmiernych odkształceń plastycznych, wykorzystującym kryteria stanu nośności granicznej podane w paragrafie 4.8 niniejszej normy, częściowe współczynniki wytrzymałościowe γ_{si} należy przyjmować jak niżej:

$$\gamma_{s1} = 0,76 (B/\kappa_1)$$

$$\gamma_{s2} = 0,76 (D/\kappa_2)$$

$$\kappa_1 = \text{Min}(R_m/R_e \cdot B/A; 1,0)$$

$$\kappa_2 = \text{Min}(R_m/R_e \cdot D/C; 1,0)$$

Współczynniki A, B, C i D zostały zdefiniowane w 6.4.15.2.3.1. Współczynniki R_m oraz R_e zostały zdefiniowane w 6.4.12.1.1.3.

Częściowe współczynniki wytrzymałościowe podane powyżej są wynikiem dostosowania do konwencjonalnych zbiorników niezależnych typu B.

4.8 Projekt uwzględniający nadmierne odkształcenia plastyczne

4.8.1 Podane niżej kryteria akceptacji naprężeń odnoszą się do analiz naprężeń sprężystych.

4.8.2 Części systemu bezpiecznego magazynowania paliwa, gdzie obciążenia są głównie przenoszone przez odpowiedź membrany w konstrukcji powinny spełniać następujące kryteria stanu granicznego:

$$\sigma_m \leq f$$

$$\sigma_L \leq 1,5f$$

$$\sigma_b \leq 1,5F$$

$$\sigma_L + \sigma_b \leq 1,5F$$

$$\sigma_m + \sigma_b \leq 1,5F$$

$$\sigma_m + \sigma_b + \sigma_g \leq 3,0F$$

$$\sigma_L + \sigma_b + \sigma_g \leq 3,0F$$

gdzie:

σ_m = zredukowane podstawowe ogólne naprężenie membranowe

σ_L = zredukowane podstawowe miejscowe naprężenie membranowe

σ_b = zredukowane podstawowe naprężenie zginające

σ_g = zredukowane naprężenie wtórne

$$f = R_e / \gamma_{s1} \cdot \gamma_m \cdot \gamma_C$$

$$F = R_e / \gamma_{s2} \cdot \gamma_m \cdot \gamma_C$$

Uwaga:

Opisane powyżej sumowanie naprężeń należy przeprowadzać poprzez sumowanie każdej składowej naprężenia ($\sigma_x, \sigma_y, \tau_{xy}$), a następnie na podstawie uzyskanych składowych naprężenia należy obliczyć naprężenie zredukowane, jak pokazano w poniższym przykładzie.

$$\sigma_L + \sigma_b = \sqrt{(\sigma_{Lx} + \sigma_{bx})^2 - (\sigma_{Lx} + \sigma_{bx})(\sigma_{Ly} + \sigma_{by}) + (\sigma_{Ly} + \sigma_{by})^2 + 3(\tau_{Lxy} + \tau_{bxy})^2}$$

4.8.3 Części systemu bezpiecznego magazynowania paliwa, gdzie obciążenia są przenoszone głównie poprzez zginanie wiązarów, usztywnień i płyt, powinny spełniać poniższe kryteria stanu nośności granicznej:

$$\sigma_{ms} + \sigma_{bp} \leq 1,25F \quad (\text{patrz uwagi 1, 2})$$

$$\sigma_{ms} + \sigma_{bp} + \sigma_{bs} \leq 1,25F \quad (\text{patrz uwaga 2})$$

$$\sigma_{ms} + \sigma_{bp} + \sigma_{bs} + \sigma_{bt} + \sigma_g \leq 3,0F$$

Uwaga 1: sumę zredukowanych membranowych naprężeń w przekroju oraz zredukowanych naprężeń membranowych w wiązaniach głównych konstrukcji ($\sigma_{ms} + \sigma_{bp}$) zwykle będzie można bezpośrednio uzyskać z trójwymiarowej analizy metodą elementów skończonych.

Uwaga 2: Współczynnik 1.25 może być modyfikowany przez Administrację przy uwzględnieniu koncepcji projektu, układu konstrukcji oraz zastosowanej metodologii obliczania naprężeń.

gdzie:

σ_{ms} = zredukowane naprężenie membranowe w przekroju w wiązaniach głównych konstrukcji

σ_{bp} = zredukowane naprężenie membranowe w wiązaniach głównych konstrukcji podstawowej oraz naprężenie w wiązaniach drugorzędnych i trzeciorzędnych konstrukcji wywołane zginaniem konstrukcji podstawowej.

σ_{bs} = naprężenie zginające w przekroju w wiązaniach drugorzędnych konstrukcji oraz naprężenie w wiązaniach trzeciorzędnych konstrukcji wywołane zginaniem wiązań drugorzędnych

σ_{bt} = naprężenie zginające w przekroju w wiązaniach trzeciorzędnych konstrukcji

σ_g = zredukowane naprężenia wtórne

$$f = R_e / \gamma_{s1} \cdot \gamma_m \cdot \gamma_C$$

$$F = R_e / \gamma_{s2} \cdot \gamma_m \cdot \gamma_C$$

Naprężenia σ_{ms} , σ_{bp} , σ_{bs} , oraz σ_{bt} zostały zdefiniowane w 4.8.4.

Uwaga:

Opisane powyżej sumowanie naprężeń należy przeprowadzać poprzez sumowanie każdej składowej naprężenia (σ_x , σ_y , τ_{xy}), a następnie na podstawie otrzymanych składowych naprężenia należy obliczyć naprężenie zredukowane.

Płyty poszycia kadłuba należy projektować zgodnie z wymaganiami Administracji.

W przypadku znacznego naprężenia membranowego, należy dodatkowo uwzględnić odpowiednio wpływ naprężenia membranowego na wytrzymałość płyty na zginanie.

4.8.4 Rodzaje naprężeń w przekroju

Naprężenie normalne jest składową naprężenia prostopadłą do płaszczyzny odniesienia.

Zredukowane naprężenie membranowe w przekroju jest składową naprężeń normalnych, o rozkładzie równomiernym i równą średniej wartości naprężeń przekroju rozpatrywanej konstrukcji. W przypadku prostego przekroju kadłuba, naprężenie membranowe w przekroju jest takie samo jak naprężenie membranowe określone w paragrafie 4.8.2 tej normy.

Naprężenie zginające w przekroju jest składową naprężenia normalnego o rozkładzie liniowym na przekroju konstrukcji poddanej zginaniu, jak pokazano na rys. 1.

σ_{bp} : zredukowane naprężenie membranowe wiązania głównego
 σ_{bs} : naprężenie zginające w przekroju wiązania drugorzędowego
 σ_{bt} : naprężenie zginające w przekroju wiązania trzeciorzędowego

Rys. 1: Definicja trzech rodzajów naprężenia w przekroju
 (Naprężenia σ_{bp} oraz σ_{bs} mają kierunek prostopadły do przedstawionego przekroju)

4.9 Te same współczynniki γ_C , γ_m , γ_{si} należy zastosować przy projektowaniu zakładającym wyboczenie, chyba że zostało to inaczej podane w mającej zastosowanie normie dotyczącej wyboczenia. W żadnym przypadku ogólny poziom bezpieczeństwa nie powinien być mniejszy od określonego przez te współczynniki.

5 STANY NOŚNOŚCI GRANICZNEJ ZMĘCZENIOWE

5.1 1 W zależności od koncepcji systemu bezpiecznego magazynowania paliwa powinny być spełnione warunki projektowe dotyczące wytrzymałości zmęczeniowej opisane w 6.4.12.2. W przypadku systemu bezpiecznego magazynowania paliwa zaprojektowanego zgodnie z 6.4.16 oraz postanowieniami niniejszej normy wymagane jest przeprowadzenie analizy wytrzymałości zmęczeniowej.

5.2 W przypadku stanów nośności granicznej zmęczeniowych współczynniki obciążeń powinny być przyjmowane z wartością 1,0 dla wszystkich kategorii obciążeń.

5.3 Współczynnik klasy skutku γ_C oraz współczynnik wytrzymałościowy γ_R powinny przyjmować wartość 1,0.

5.4 Zużycie zmęczeniowe należy obliczać jak opisano w 6.4.12.2.2 do 6.4.12.2.2.5. W przypadku systemów bezpiecznego magazynowania paliwa obliczeniowe zbiorcze zużycie zmęczeniowe nie powinno przekraczać wartości podanych w tabeli 3.

Tabela 3: Maksymalne dopuszczalne zbiorcze zużycie zmęczeniowe

C_w	Klasa skutku		
	Niska	Średnia	Wysoka
	1,0	0,5	0,5*

Uwaga*: wartość niższa powinna być stosowana zgodnie z 6.4.12.2.7 do 6.4.12.2.9, w zależności od wykrywalności wady lub pęknięcia, itp.

5.5 Administracja może ustalić niższe wartości.

5.6 Wymagane są analizy propagacji pęknięć zgodnie z 6.4.12.2.6 to 6.4.12.2.9. Analizy powinny być przeprowadzone zgodnie z metodami podanymi w normie uznanej przez Administrację.

6 STANY NOŚNOŚCI GRANICZNEJ AWARYJNE

6.1 W zależności od koncepcji systemu bezpiecznego magazynowania paliwa powinny być spełnione warunki projektowe dotyczące sytuacji awaryjnej opisane w 6.4.12.3.

6.2 Można przyjąć mniej restrykcyjne współczynniki obciążeń i wytrzymałościowe niż te, które dotyczą stanów nośności granicznej, akceptując uszkodzenia i odkształcenia, o ile mieszczą się w scenariuszu wypadków.

6.3 W przypadku stanów nośności granicznej awaryjnych współczynniki obciążeń stałych, roboczych i środowiskowych powinno się przyjmować z wartością 1,0.

6.4 Obciążenia wspomniane w 6.4.9.3.3.8 oraz 6.4.9.5 nie muszą być łączone ze sobą nawzajem lub z obciążeniami środowiskowymi, określonymi w 6.4.9.4.

6.5 Współczynnik wytrzymałościowy γ_R powinien być ogólnie przyjmowany z wartością 1,0.

6.6 Współczynniki klasy skutku γ_C powinny być ogólnie przyjmowane jak określono w 4.4 niniejszej normy, ale mogą być złagodzone z uwagi na scenariusz wypadkowy.

6.7 Wytrzymałość charakterystyczna R_k powinna być ogólnie przyjmowana jak dla stanu nośności granicznej, ale może być złagodzona z uwagi na scenariusz wypadkowy.

6.8 Dodatkowe właściwe scenariusze awaryjne określa się w oparciu o analizę ryzyka.

7 PRÓBY

7.1 Systemy bezpiecznego magazynowania paliwa zaprojektowane zgodnie z wymaganiami niniejszej normy powinny być poddane próbom w zakresie jak opisano w 16.2, w zależności od koncepcji systemu bezpiecznego magazynowania paliwa.

CZEŚĆ B-1

Paliwo w kontekście wymagań tej części oznacza gaz ziemny, zarówno w postaci ciekłej jak i gazowej.

16 PRODUKCJA, WYKONANIE I PRÓBY

16.1 Postanowienia ogólne

16.1.1 Produkcja, próby, inspekcje oraz dokumentacja powinny być zgodne z uznanymi normami oraz wymaganiami niniejszego kodeksu.

16.1.2 W przypadku gdy przewidziano lub wymaga się obróbki cieplnej po spawaniu, właściwości materiału podstawowego powinny być określone w stanie po obróbce cieplnej, zgodnie z mającymi zastosowanie tabelami z rozdziału 7, a właściwości spawalnicze należy określić w stanie po obróbce cieplnej zgodnie z 16.3. Gdy zastosowano obróbkę cieplną po spawaniu wymagania dotyczące prób mogą być poddane modyfikacji według uznania Administracji.

16.2 Ogólne wymagania i specyfikacje dotyczące prób

16.2.1 Próba rozciągania

16.2.1.1 Należy przeprowadzić próbę rozciągania zgodnie z uznanymi normami.

16.2.1.2 Wytrzymałość na rozciąganie, granica plastyczności oraz wydłużenie powinny odpowiadać wymaganiom Administracji. W przypadku stali węglowo-manganowych i innych materiałów o określonych granicach plastyczności, należy rozpatrzyć ograniczenie stosunku granicy plastyczności do wytrzymałości na rozciąganie.

16.2.2 Próba wytrzymałości

16.2.2.1 Próby odbioru materiałów metalowych powinny obejmować próbę udarności Charpy V, chyba że Administracja postanowi inaczej. Podane wymagania dla próby Charpy V to minimalna średnia wartość energii dla trzech próbek pełnowymiarowych (10 mm × 10 mm) oraz minimalna wartość energii dla próbek indywidualnych. Wymiary i tolerancje wykonania próbek Charpy V powinny odpowiadać uznanym normom. Próby i wymagania dotyczące próbek o rozmiarze mniejszym niż 5,0 mm powinny być zgodne z uznanymi normami. Minimalne średnie wartości energii dla próbek o zmniejszonych wymiarach powinny wynosić:

Wymiary próbki Charpy V (mm)	Minimalna wartość energii – średnia z trzech próbek
10 x 10	KV
10 x 7,5	5/6 KV
10 x 5,0	2/3 KV

gdzie:

KV = wartości energii (J) podane w tabelach 7.1 do 7.4.

Tylko jedna indywidualna wartość energii może być mniejsza od podanej wartości średniej, pod warunkiem że nie jest ona mniejsza od 70% tej wartości.

16.2.2.2 W przypadku metalu podstawowego, próbki Charpy V o największym możliwym rozmiarze dla danej grubości materiału powinny być wycinane w taki sposób, aby znajdowały się możliwie najbliżej punktu położonego w połowie odległości między powierzchnią wyrobu a środkiem jego grubości, natomiast wycięcie powinno być prostopadłe do powierzchni, jak pokazano na rys. 16.1.

C/L specimen – próbka w osi symetrii

Rys. 16.1 – Orientacja próbki metalu podstawowego

16.2.2.3 W przypadku próby spawania, próbki Charpy V o największym możliwym rozmiarze dla danej grubości materiału powinny być wycinane metodą obróbki skrawaniem w taki sposób, aby znajdowały się możliwie najbliżej punktu położonego w połowie odległości między powierzchnią wyrobu a środkiem jego grubości. W każdym przypadku odległość od powierzchni materiału do powierzchni pobieranej próbki powinna wynosić około 1 mm lub więcej. Dodatkowo, w przypadku złączy doczołowych typu X, próbki powinny być wycinane bliżej strony spawanej w drugiej kolejności. Próbki powinny być w zasadzie pobierane w każdym z poniższych miejsc, jak pokazano na rys. 16.2, w linii środkowej złączy, w linii wtopienia oraz 1 mm, 3 mm i 5 mm od linii wtopienia.

Single V butt weld – złącze doczołowe typu V

1 mm minimum – min. 1 mm

C/L specimen – próbka w osi symetrii

Double V butt weld – złącze doczołowe typu X

1 mm minimum – min. 1 mm

2nd welded side – strona spawana w drugiej kolejności

C/L specimen – próbka w osi symetrii

1st welded side – strona spawana w pierwszej kolejności

Rys. 16.2 – Orientacja próbki złącza spawanego

Usytuowanie karbu na rys. 16.2:

- .1 środek spoiny;
- .2 w linii wtopienia;
- .3 w strefie wpływu ciepła, 1 mm od linii wtopienia;
- .4 w strefie wpływu ciepła, 3 mm od linii wtopienia; oraz
- .5 w strefie wpływu ciepła, 5 mm od linii wtopienia.

16.2.2.4 Jeśli średnia wartość z trzech pierwszych próbek Charpy V nie spełnia podanych wymagań, lub gdy wartość energii dla więcej niż jednej próbki jest niższa od wymaganej wartości średniej lub gdy wartość energii dla więcej niż jednej próbki jest niższa od minimalnej wartości dla pojedynczej próbki, można poddać próbie trzy dodatkowe próbki z tego samego materiału, a uzyskane wyniki można powiązać z otrzymanymi wcześniej w celu obliczenia nowej średniej. Jeśli nowa średnia odpowiada wymaganiom i nie więcej niż dwa indywidualne wyniki są niższe od wymaganej wartości średniej, a nie więcej niż jeden wynik jest niższy od wymaganej wartości dla pojedynczej próbki, to dana sztuka lub partia może zostać przyjęta.

16.2.3 Próba zginania

16.2.3.1 Próby zginania można nie wykonywać w ramach prób odbioru materiału, ale jest ona wymagana w przypadku prób połączeń spawanych. Próba ta powinna być wykonywana zgodnie z uznanymi normami.

16.2.3.2 Próba zginania powinna być próbą zginania poprzecznego, z rozciągającym licem, rozciąganą granią lub ze zginaniem bocznym, według uznania Administracji. Zamiast zginania poprzecznego mogą być jednak wymagane próby zginania wzdłużnego w przypadkach gdy materiał podstawowy i metal spawany mają różne poziomy wytrzymałości.

16.2.4 Obserwacja zglądu i inne próby

Administracja może wymagać przeprowadzenia obserwacji makrozglądu i mikrozglądu oraz próby twardości, w takich przypadkach powinny być one wykonywane zgodnie z uznanymi normami.

16.3 Spawanie materiałów metalowych oraz próby nieniszczące systemu bezpiecznego magazynowania paliwa

16.3.1 Zagadnienia ogólne

Niniejszy rozdział ma zastosowanie tylko do barier pierwszych i drugich, włącznie z wewnętrzną konstrukcją kadłuba jeśli tworzy ona barierę drugą. Wymagania te dotyczą prób odbiorczych stali węglowych, węglowo-manganowych, zawierających nikiel oraz stali nierdzewnych, mogą także stanowić podstawę do takich prób w odniesieniu do innych materiałów. Według uznania Administracji próby udarowe złączy spawanych stali nierdzewnych i stopów aluminium mogą zostać pominięte, natomiast mogą być wymagane inne próby w zależności od materiału.

16.3.2 Materiały dodatkowe do spawania

Materiały dodatkowe przeznaczone do spawania zbiorników paliwowych powinny odpowiadać uznanym normom. W przypadku wszystkich materiałów dodatkowych powinny być wymagane badania materiału stopiwa oraz złączy doczołowych. Wyniki uzyskane z próby rozciągania oraz próby udarności Charpy V powinny być zgodne z uznanymi normami. Skład chemiczny materiału spoiny powinien być odnotowany dla informacji.

16.3.3 Próby procedur spawalniczych zbiorników paliwowych oraz technologicznych zbiorników ciśnieniowych

16.3.3.1 Próby procedur spawalniczych zbiorników paliwowych oraz technologicznych zbiorników ciśnieniowych są wymagane dla wszystkich złączy doczołowych.

16.3.3.2 Zestawy próbne powinny być reprezentatywne dla:

- .1 każdego materiału podstawowego;
- .2 każdego materiału dodatkowego do spawania i procesu spawania; oraz
- .3 każdej pozycji spawania.

16.3.3.3 W przypadku złączy doczołowych blach zestawy próbne należy tak przygotować, aby kierunek walcowania blach był równoległy do kierunku spawania. Zakres grubości objętych każdą próbą procedury spawalniczej powinien być zgodny z uznanymi normami. Badania radiologiczne lub ultradźwiękowe mogą być wykonane w zależności od wyboru wytwórni.

16.3.3.4 Na próbkach każdego zestawu próbnego należy przeprowadzić zgodnie z 16.2 następujące próby procedury spawalniczej zbiorników paliwowych i technologicznych zbiorników ciśnieniowych:

- .1 próba rozciągania w poprzek spoiny;
- .2 próba rozciągania wzdłużnego spoiny, jeśli jest to wymagane przez uznane normy;

.3 próby zginania poprzecznego, które mogą dotyczyć lica, grani i zginania bocznego. Zamiast zginania poprzecznego mogą być jednak wymagane próby zginania wzdłużnego w przypadkach gdy materiał podstawowy i metal spawany mają różne poziomy wytrzymałości;

.4 jedna seria trzech prób udarności Charpy V, zasadniczo w każdym z następujących miejsc pokazanych na rys. 16.2:

- .1 w osi spoiny;
- .2 w linii wtopienia;
- .3 1 mm od linii wtopienia;
- .4 3 mm od linii wtopienia; oraz
- .5 5 mm od linii wtopienia;

.5 mogą być także wymagane badania makrozglądu i mikrozglądu oraz pomiary twardości.

16.3.3.5 Każda próba powinna spełniać następujące wymagania:

.1 próby rozciągania: wytrzymałość na rozciąganie złącza poprzecznego nie powinna być mniejsza od określonej minimalnej wytrzymałości na rozciąganie odpowiednich materiałów rodzimych. W przypadku stopów aluminium, należy uwzględnić postanowienia 6.4.12.1.1.3, ze względu na wymagania dotyczące wytrzymałości spoiny, gdy materiał spoiny ma niższą wytrzymałość na rozciąganie niż materiał rodzimy. W każdym przypadku należy odnotować dla informacji miejsce pęknięcia;

.2 próby zginania: niedopuszczalne są pęknięcia po zginaniu o kąt 180° na wzorniku o średnicy równej czterem grubościom próbki; oraz

.3 próby udarności Charpy V: próby należy przeprowadzać przy temperaturze przewidzianej dla łączonego materiału podstawowego. Wyniki próby udarności materiału spoiny, tj. minimalna średnia wartość energii (KV), nie powinna być mniejsza od 27 J. Wymagania dotyczące materiału spoiny dla próbek o zmniejszonych wymiarach oraz wartości energii dla pojedynczych próbek powinny być zgodne z 16.2.2. Wyniki prób udarności dla linii wtopienia oraz dla strefy wpływu ciepła powinny wykazywać minimalną średnią wartość energii (KV) zgodnie z wymaganiami dla próbki odpowiednio poprzecznej lub wzdłużnej materiału podstawowego, natomiast w przypadku próbek o zmniejszonych wymiarach minimalna średnia wartość energii (KV) powinna być zgodna z 16.2.2. Jeżeli ze względu na grubość materiału nie jest możliwe wykonanie próbek o pełnych wymiarach lub o zmniejszonych wymiarach, to procedura prób i wymagania odbiorcze powinny być zgodne z uznanymi normami.

16.3.3.6 Próby procedur w przypadku spawania pachwinowego powinny być zgodne z uznanymi normami. W takich przypadkach, materiały dodatkowe do spawania należy dobrać spośród materiałów które wykazują odpowiednie własności udarnościowe.

16.3.4 Próby procedur spawalniczych rurociągów

Próby procedur spawalniczych rurociągów powinny być przeprowadzane w podobny sposób jak próby procedur dotyczące zbiorników opisane w 16.3.3.

16.3.5 Próby złączy spawanych w produkcji

16.3.5.1 W przypadku wszystkich zbiorników paliwowych oraz technologicznych zbiorników ciśnieniowych, z wyjątkiem zbiorników membranowych, próby złączy spawanych w produkcji powinny być zasadniczo prowadzone w przybliżeniu dla każdego odcinka 50 m złączy doczołowych i powinny być reprezentatywne dla każdej pozycji spawania. W przypadku barier drugich, powinny być wykonane próby w produkcji tego samego rodzaju jak wymagane dla

zbiorników podstawowych, ilość prób można jednak zmniejszyć po uzgodnieniu z Administracją. W przypadku zbiorników paliwowych lub barier drugich mogą być wymagane próby inne niż określone w 16.3.5.2 do 16.3.5.5.

16.3.5.2 Próby w produkcji zbiorników niezależnych typów A i B powinny obejmować próby zginania oraz, jeśli jest to wymagane dla prób procedur spawalniczych, serię trzech prób udarności Charpy V. Próby należy wykonywać dla każdych 50 m spoiny. Próby udarności Charpy V należy wykonywać na próbkach z karbem usytuowanym w środku spoiny i w strefie wpływu ciepła (w najbardziej krytycznym usytuowaniu biorąc pod uwagę wyniki kwalifikacji technologii spawania). W przypadku austenitycznych stali nierdzewnych wszystkie karby powinny być usytuowane w środku spoiny.

16.3.5.3 W przypadku zbiorników niezależnych typu C oraz technologicznych zbiorników ciśnieniowych, oprócz prób wymienionych w 16.3.5.2, wymagane są próby rozciągania poprzecznego spoiny. Próby rozciągania powinny spełniać wymagania zawarte w 16.3.3.5.

16.3.5.4 Program kontroli jakości/zapewnienia jakości powinien zapewnić stałą jakość spoin produkcyjnych, zgodnie z księgą jakości producenta materiału.

16.3.5.5 Wymagania dotyczące prób zbiorników membranowych są takie jak mające zastosowanie wymagania dotyczące testów opisane w 16.3.3.

16.3.6 Badania nieniszczące

16.3.6.1 Wszystkie procedury prób oraz normy odbiorcze powinny być zgodne z uznanymi normami, chyba że projektant określi normy wyższego rzędu w celu spełnienia założeń projektowych. W celu wykrycia wad wewnętrznych należy stosować z zasady badania radiograficzne. Zamiast badania radiograficznego może być wykonana procedura próby ultradźwiękowej, jednakże w celu zweryfikowania wyników należy dodatkowo przeprowadzić uzupełniające badania radiograficzne w wybranych miejscach. Należy zachować zapisy dotyczące prób radiograficznych i ultradźwiękowych.

16.3.6.2 W przypadku zbiorników niezależnych typu A, gdzie temperatura obliczeniowa wynosi poniżej -20°C , oraz w przypadku zbiorników niezależnych typu B, niezależnie od temperatury, wszystkie spoiny doczołowe poszycia zbiorników paliwowych wykonane z pełnym przetopem powinny być poddane badaniu nieniszczącemu, które może wykryć wady wewnętrzne na całej ich długości. Zamiast badania radiograficznego może być wykonana procedura próby ultradźwiękowej, pod takimi samymi warunkami jak opisano w 16.3.6.1.

16.3.6.3 W każdym przypadku, pozostała konstrukcja zbiornika, włącznie ze spoinami usztywnień i innych elementów i zamocowań powinna zostać sprawdzona metodą defektoskopii magnetycznej lub przy użyciu penetrantów, w zakresie uznanym za konieczny.

16.3.6.4 W przypadku zbiorników niezależnych typu C, należy przeprowadzić całkowite lub częściowe badania nieniszczące zgodnie z uznanymi normami, ale środki kontroli nie powinny być mniejsze niż podano niżej:

.1 Całkowite badania nieniszczące zgodnie z wymaganiami 6.4.15.3.2.1.3.

Badania radiograficzne:

.1 wszystkie spoiny doczołowe na całej ich długości.

Badania nieniszczące w celu wykrycia pęknięć powierzchniowych:

.2 wszystkie spoiny na 10% ich długości;

.3 pierścienie wzmocniające wokół otworów, dysz, itp. na ich całej długości.

Alternatywnie może być zaakceptowane badanie ultradźwiękowe, jak opisano w 16.3.6.1, częściowo zastępujące badanie radiograficzne. Dodatkowo Administracja może wymagać całkowitego badania ultradźwiękowego spoin pierścieni wzmocniających wokół otworów, dysz, itp.

.2 Częściowe badanie nieniszczące wymienione w 6.4.15.3.2.1.3:

Badanie radiograficzne:

.1 wszystkie spawane doczołowo złącza krzyżowe oraz co najmniej 10% długości spoin doczołowych w wybranych równo rozłożonych miejscach.

Badania nieniszczące w celu wykrycia pęknięć powierzchniowych:

.2 pierścienie wzmocniające wokół otworów, dysz, itp. na ich całej długości.

Badanie ultradźwiękowe:

.3 zgodnie z wymaganiami Administracji w każdym przypadku.

16.3.6.5 Program kontroli jakości/zapewnienia jakości powinien zapewnić stałą zgodność badań nieniszczących, zgodnie z księgą jakości producenta materiału.

16.3.6.6 Należy przeprowadzać przeglądy rurociągów zgodnie z wymaganiami rozdziału 7.

16.3.6.7 Bariery drugą należy poddać badaniom nieniszczącym w celu wykrycia wad wewnętrznych, o ile zostało to uznane za niezbędne. W przypadku gdy częścią bariery drugiej jest zewnętrzne poszycie kadłuba, wszystkie złącza doczołowe mocnicy burtowej oraz przecięcia złączy doczołowych i połączeń na zakładkę w poszyciu burtowym należy poddać badaniu radiograficznemu.

16.4 Inne wymagania dotyczące konstrukcji metalowych

16.4.1 Zagadnienia ogólne

Kontrola i badania nieniszczące spoin powinny odpowiadać wymaganiom zawartym w 16.3.5 oraz 16.3.6. Jeżeli w projekcie założono wyższe normy i tolerancje, powinny być one także spełniane.

16.4.2 Zbiornik niezależny

W przypadku zbiorników typu C oraz typu B posiadających kształt uzyskany w wyniku obrotu figury tolerancje odnoszące się do produkcji, dotyczące np. zniekształcenia kształtu koła, miejscowych odchyleń od kształtu właściwego, liniowości złączy spawanych oraz zwięzania się blach o różnych grubościach, powinny spełniać wymagania uznanych norm. Tolerancje powinny odnosić się także do analizy wybożenia podanej w 6.4.15.2.3.1 oraz 6.4.15.3.3.2.

16.4.3 Bariery drugie

Podczas budowy wymagania dotyczące prób oraz kontroli barier drugich powinny być zatwierdzone lub przyjęte przez Administrację (patrz także 6.4.4.5 oraz 6.4.4.6).

16.4.4 Zbiorniki membranowe

Program zapewnienia jakości/kontroli jakości powinien zapewnić stałą zgodność kwalifikacji procedury spawalniczej, szczegółów konstrukcyjnych, materiałów, budowy, inspekcji oraz badań warsztatowych komponentów. Te standardy i procedury powinny być opracowywane podczas prób prototypu.

16.5 Próby

16.5.1 Próby i kontrole w czasie budowy

16.5.1.1 Wszystkie zbiorniki skroplonego gazu oraz technologiczne zbiorniki ciśnieniowe powinny być poddane hydrostatycznej lub hydropneumatycznej próbie ciśnieniowej zgodnie z 16.5.2 do 16.5.5, odpowiednio do typu zbiornika.

16.5.1.2 Wszystkie zbiorniki powinny być poddane próbie szczelności, która może być wykonana w połączeniu z próbą ciśnieniową wymaganą w 16.5.1.1.

16.5.1.3 Należy poddać próbie gazoszczelność systemu bezpiecznego magazynowania paliwa w odniesieniu do 6.3.3.

16.5.1.4 Wymagania dotyczące kontroli barier drugich powinny być określone przez Administrację w każdym przypadku, po uwzględnieniu dostępności bariery (patrz także 6.4.4).

16.5.1.5 Administracja może wymagać, aby w przypadku statków wyposażonych w zbiorniki niezależne nowego typu B o nowatorskiej konstrukcji lub zbiorniki zaprojektowane zgodnie z 6.4.16, co najmniej jeden zbiornik prototypowy i jego konstrukcje podpierające były wyposażone w mierniki naprężenia lub inne odpowiednie wyposażenie wykazujące poziom naprężeń podczas prób wymaganych w 16.5.1.1. Podobne oprzyrządowanie może być wymagane dla zbiorników niezależnych typu C, w zależności od ich ustawienia i rozmieszczenia ich podpór i przyłączy.

16.5.1.6 Należy weryfikować ogólne działanie systemu bezpiecznego magazynowania paliwa na zgodność z parametrami projektowymi podczas pierwszego bunkrowania paliwa LNG, po osiągnięciu stałych warunków termicznych skroplonego paliwa gazowego, zgodnie z wymaganiami Administracji. Na pokładzie statku powinny znajdować się zapisy dotyczące działania komponentów i wyposażenia systemu, ważne z punktu widzenia weryfikacji parametrów projektowych. Zapisy te powinny być udostępniane Administracji.

16.5.1.7 System bezpiecznego magazynowania paliwa powinien być kontrolowany ze względu na występowanie zimnych miejsc w czasie lub zaraz po pierwszym bunkrowaniu paliwa LNG, po osiągnięciu stałych warunków termicznych. Należy przeprowadzić inspekcję szczelności powierzchni izolacji termicznej, której nie można poddać oględzinom, zgodnie z wymaganiami Administracji.

16.5.1.8 Urządzenia grzewcze, jeśli zostały zainstalowane zgodnie z 6.4.13.1.1.3 oraz 6.4.13.1.1.4, powinny być poddane próbom ze względu na wymaganą wydajność grzewczą i dystrybucję ciepła.

16.5.2 Zbiorniki niezależne typu A

Wszystkie zbiorniki niezależne typu A powinny być poddane hydrostatycznym i hydropneumatycznym próbom ciśnieniowym. Próby te powinny być przeprowadzone tak, aby wartości naprężeń były zbliżone, na ile to możliwe, do wartości obliczeniowych oraz aby ciśnienie w górnej części zbiornika odpowiadało co najmniej ciśnieniu MARVS. Przy przeprowadzaniu próby hydropneumatycznej jej warunki powinny symulować, na ile to możliwe projektowe obciążenie zbiornika i jego konstrukcji podpierającej, włącznie ze składowymi dynamicznymi, przy czym powinno się unikać naprężeń, które mogą powodować stałe odkształcenia.

16.5.3 Zbiorniki niezależne typu B

Zbiorniki niezależne typu A powinny być poddane hydrostatycznym i hydropneumatycznym próbom ciśnieniowym w następujący sposób:

.1 Próbę należy przeprowadzić zgodnie z wymaganiami zawartymi w 16.5.2 dotyczącymi zbiorników niezależnych typu A.

.2 Dodatkowo, maksymalne podstawowe naprężenie membranowe lub maksymalne naprężenie zginające wiązań głównych w warunkach prób nie powinno przekraczać 90% granicy plastyczności materiału (z uwzględnieniem wykonanej spoiny) w temperaturze próby. W celu upewnienia się, że warunek ten jest spełniony, jeśli z obliczeń wynika że to naprężenie przekracza 75% granicy plastyczności, próba pierwszego z serii identycznych zbiorników powinna być monitorowana przez zastosowanie tensometrów lub innych odpowiednich przyrządów.

16.5.4 Zbiorniki niezależne typu C oraz inne zbiorniki ciśnieniowe

16.5.4.1 Każdy zbiornik ciśnieniowy powinien być poddany próbie ciśnieniowej przy ciśnieniu mierzonym w górnej części zbiornika nie mniejszym od $1,5 P_0$. W żadnym przypadku w czasie próby ciśnieniowej obliczeniowe podstawowe naprężenie membranowe w żadnym punkcie nie powinno przekraczać 90% granicy plastyczności materiału w temperaturze próby. W celu upewnienia się, że warunek ten jest spełniony, jeśli z obliczeń wynika że to naprężenie przekracza 75% granicy plastyczności, próba pierwszego z serii identycznych zbiorników powinna być monitorowana przez zastosowanie tensometrów lub innych odpowiednich przyrządów w zbiornikach ciśnieniowych innych niż proste zbiorniki cylindryczne lub kuliste.

16.5.4.2 Temperatura wody wykorzystywanej do prób powinna wynosić co najmniej 30°C powyżej temperatury przejścia w stan kruchy materiału w stanie dostawy.

16.5.4.3 Ciśnienie należy utrzymywać przez 2 godziny na każde 25 mm grubości, ale w żadnym przypadku nie krócej niż 2 godziny.

16.5.4.4 Jeśli jest to niezbędne dla zbiorników ciśnieniowych skroplonego paliwa gazowego, próba hydropneumatyczna może być przeprowadzona w warunkach opisanych w 16.5.4.1 do 16.5.4.3.

16.5.4.5 W sposób szczególny można rozważyć próby zbiorników, do których w zależności od temperatury eksploatacyjnej mają zastosowanie wyższe naprężenia dopuszczalne. Należy jednak w pełni spełniać wymaganie 16.5.4.1.

16.5.4.6 Po wykonaniu i zmontowaniu każdy zbiornik ciśnieniowy oraz jego armatura powinny być poddane odpowiedniej próbie szczelności, która może być wykonana w powiązaniu z próbami ciśnieniowymi wymienionymi odpowiednio w 16.5.4.1 lub 16.5.4.4.

16.5.4.7 Próby pneumatyczne zbiorników ciśnieniowych innych niż zbiorniki skroplonego paliwa gazowego powinny podlegać osobnemu rozpatrzeniu dla każdego przypadku. Takie próby mogą być dopuszczalne jedynie w przypadku tych zbiorników, które zostały tak zaprojektowane lub podparte, że nie mogą być bezpiecznie napełnione wodą, lub w przypadku tych zbiorników, które nie mogą być osuszone i mają być użyte tam gdzie nie można tolerować nawet pozostałości śladowych ilości czynnika próbnego.

16.5.5 Zbiorniki membranowe

16.5.5.1 Próby projektowe

16.5.5.1.1 Próby projektowe wymagane w 6.4.15.4.1.2 powinny obejmować stworzenie szeregu modeli analitycznych i fizycznych zarówno barier pierwszych, jak i drugich, z uwzględnieniem naroży i złączy, poddanych próbom w celu zweryfikowania, że będą one odporne na zakładane połączone naprężenia wywołane obciążeniami statycznymi, dynamicznymi i termicznymi na wszystkich poziomach napełnienia. Efektem tego będzie

budowa modelu w skali prototypu pełnego systemu bezpiecznego magazynowania skroplonego paliwa gazowego. Warunki prób rozpatrywane w modelu analitycznym i fizycznym powinny reprezentować najbardziej ekstremalne stany eksploatacyjne, którym system magazynowania może być poddany w okresie użytkowania. Proponowane kryteria akceptacji okresowych prób barier drugich wymaganych w 6.4.4 mogą być oparte na wynikach prób przeprowadzonych na modelu w skali prototypu.

16.5.5.1.2 Wytrzymałość zmęczeniowa materiałów membrany oraz reprezentatywnych połączeń spawanych lub klejonych membran powinna być określana poprzez próby. Krańcowa wytrzymałość oraz wytrzymałość zmęczeniowa elementów do mocowania systemu izolacji termicznej do konstrukcji kadłuba powinna być określana poprzez analizy lub próby.

16.5.5.2 Próby

.1 Na statkach wyposażonych w membranowy system bezpiecznego magazynowania paliwa, wszystkie zbiorniki oraz inne przestrzenie, które normalnie mogą zawierać ciecze i które są przyległe do konstrukcji kadłuba podpierającej membranę, powinny być poddane próbie hydrostatycznej.

.2 Wszystkie konstrukcje ładowni podpierające membranę powinny być poddane próbie szczelności przed zainstalowaniem systemu bezpiecznego magazynowania skroplonego paliwa gazowego.

.3 Tunele rurociągów i inne przedziały, które zwykle nie zawierają cieczy nie muszą być poddawane próbie hydrostatycznej.

16.6 Spawanie, obróbka po spawaniu oraz badania nieniszczące

16.6.1 Zagadnienia ogólne

Spawanie należy przeprowadzać zgodnie z wymaganiami zawartymi w 16.3.

16.6.2 Obróbka po spawaniu

Obróbka cieplna po spawaniu powinna być wymagana w przypadku wszystkich złączy doczołowych rurociągów zbudowanych ze stali węglowych, węglowo-manganowych oraz niskostopowych. Administracja może odstąpić od wymagania dotyczącego odprężania termicznego rur o grubości ścian mniejszej od 10 mm w odniesieniu do temperatury obliczeniowej i ciśnienia obliczeniowego rozpatrywanego systemu rurociągów.

16.6.3 Badania nieniszczące

Oprócz normalnych kontroli prowadzonych przed i w czasie spawania oraz oględzin wykonanych spoin, w celu stwierdzenia czy spawanie wykonano prawidłowo i zgodnie z wymaganiami tego paragrafu, wymagane są następujące próby:

.1 badania radiograficzne lub ultradźwiękowe wszystkich spoin doczołowych rurociągów:

.1 przy temperaturach projektowych poniżej -10°C ; lub

.2 przy ciśnieniu projektowym większym od 1.0 MPa; lub

.3 rurociągów gazowych w pomieszczeniach maszynowych chronionych systemem ESD; lub

.4 o średnicach wewnętrznych powyżej 75 mm, lub

.5 o grubości ścian większej od 10 mm.

.2 W przypadku gdy takie spoiny doczołowe rurociągów wykonywane są przy zastosowaniu procedur spawania automatycznego zatwierdzonych przez Administrację, wówczas może być uzgodniony zmniejszony zakres badań radiograficznych lub ultradźwiękowych, ale w żadnym przypadku nie może być on mniejszy od 10% długości każdego złącza. W przypadku wykrycia wad, zakres badania należy zwiększyć do 100% i powinno ono obejmować także kontrolę już przyjętych spoin. Zatwierdzenie to może zostać udzielone jedynie wówczas, gdy dostępne są odpowiednio udokumentowane procedury i zapisy dotyczące zapewnienia jakości pozwalające na ocenę zdolności producenta do wykonania odpowiednich spoin.

.3 W przypadku spoin doczołowych rury zewnętrznej rurociągów o podwójnych ścianach badanie radiograficzne lub ultradźwiękowe można zredukować do 10% wymaganej długości.

.4 W przypadku innych spoin doczołowych rurociągów nie wymienionych w 16.6.3.1 oraz 16.6.3.3, należy wykonać miejscowe badanie radiograficzne lub ultradźwiękowe lub inne badania nieniszczące w zależności od przeznaczenia, położenia i materiałów rurociągu. Ogólnie, co najmniej 10% doczołowych złączy spawanych rurociągów powinno być poddane badaniu radiograficznemu lub ultradźwiękowemu.

16.7 Wymagania dotyczące prób

16.7.1 Próby typu komponentów rurociągów

Zawory

Każdy typ komponentu rurociągu, który ma być eksploatowany w temperaturze roboczej poniżej -55°C powinien być poddany następującym próbom:

.1 Zawór każdego typu i rozmiaru powinien być poddany próbie szczelności gniazda w całym zakresie ciśnień i temperatur eksploatacyjnych, skokowo, do wartości znamionowego ciśnienia obliczeniowego. Dopuszczalne ilości wycieku powinny być zgodne z wymaganiami Administracji. W czasie prób należy potwierdzić sprawność działania zaworu.

.2 Przepływ lub przepustowość zaworu powinna być certyfikowana zgodnie z uznaną normą dla każdego rozmiaru i typu zaworu.

.3 Komponenty eksploatowane pod ciśnieniem powinny być poddane próbie ciśnieniowej przy co najmniej 1,5 ciśnienia obliczeniowego.

.4 W przypadku zaworów zamykania awaryjnego, zawierających materiały o temperaturze topnienia niższej od 925°C , próba typu powinna obejmować próbę ogniową zgodnie z normą co najmniej równoważną normie uznanej przez Organizację³².

16.7.2 Mieszki kompensacyjne

Każdy rodzaj mieszków kompensacyjnych przeznaczonych do stosowania na rurociągach gazowych na zewnątrz zbiorników gazowych, spełniających wymagania 7.3.6.4.3.1-3 oraz,

³² Patrz zalecenia Międzynarodowej Organizacji Normalizacyjnej zawarte w publikacjach: ISO 19921:2005, Statki i technika morska – Odporność ogniowa komponentów rur metalowych z uszczelnieniami odpornymi i elastomerowymi – metody prób (Ships and marine technology – Fire resistance of metallic pipe components with resilient and elastomeric seals – Test methods) ISO 19922:2005, Statki i technika morska – Odporność ogniowa komponentów rur metalowych z uszczelnieniami odpornymi i elastomerowymi – Wymagania dla stanowiska pomiarowego (Ships and marine technology – Fire resistance of metallic pipe components with resilient and elastomeric seals – Requirements imposed on the test bench)

gdy jest to wymagane przez Administrację, zainstalowanych wewnątrz zbiorników, należy poddać poniższym próbom typu:

.1 element danego mieszka kompensacyjnego, bez wstępnego obciążenia ściskającego, ale po osiowym utwierdzeniu, powinien być poddany próbie ciśnieniem co najmniej 5 razy większym od ciśnienia obliczeniowego, bez rozrywania. Czas trwania próby nie powinien być krótszy od 5 minut.

.2 typowe złącze kompensacyjne wraz z pełnym wyposażeniem (kołnierzami, usztywnieniami, przegubami, itp.) powinno być poddane próbie ciśnieniem 2 razy większym od ciśnienia obliczeniowego, przy minimalnej temperaturze obliczeniowej, w warunkach skrajnego przemieszczenia zalecanego przez producenta. Niedopuszczalne jest trwałe odkształcenie złącza.

.3 należy przeprowadzić próbę cykliczną (odkształcenia cieplne) na kompletnym złączu kompensacyjnym, które powinno wytrzymać co najmniej tyle cykli w warunkach eksploatacyjnych ciśnienia, temperatury, przemieszczeń osiowych, skrętnych i poprzecznych ile doświadczy w rzeczywistej eksploatacji. Dopuszczalne są próby w temperaturze otoczenia, jeśli spełniają one co najmniej takie wymagania jak próby w temperaturze eksploatacyjnej.

.4 należy przeprowadzić cykliczne próby zmęczeniowe (związane z odkształceniami statku, jego przyspieszeniami i drganiami rur) na kompletnym złączu kompensacyjnym, bez ciśnienia wewnętrznego, przez symulację ruchów mieszka, odpowiadających kompensowanej długości rurociągu, przez co najmniej 2×10^6 cykli, z częstotliwością nie wyższą od 5 Hz. Próba taka wymagana jest tylko wtedy, gdy rurociągi ze względu na swoje rozmieszczenie będą poddane obciążeniom wywołanym odkształceniami statku.

16.7.3 Wymagania dotyczące prób instalacji

16.7.3.1 Wymagania dotyczące prób w tym podrozdziale mają zastosowanie do rurociągów paliwa wewnątrz i na zewnątrz zbiorników paliwowych. Administracja może jednak zaakceptować odstępstwa od tych wymagań w przypadku rurociągów wewnątrz zbiorników oraz rurociągów z otwartymi końcami.

16.7.3.2 Po montażu, wszystkie rurociągi paliwowe powinny być poddane próbie wytrzymałości z użyciem odpowiedniej cieczy. Ciśnienie próbne powinno wynosić co najmniej 1,5 ciśnienia obliczeniowego dla rurociągu cieczy oraz 1,5 maksymalnego ciśnienia roboczego instalacji dla rurociągu par. Jeśli instalacje rurociągów lub ich części są w produkcji całkowicie wyposażone w całą armaturę, wówczas próba może być przeprowadzona przed zainstalowaniem na statku. Złącza spawane na statku powinny być poddane próbie ciśnieniem wynoszącym co najmniej 1,5 ciśnienia obliczeniowego.

16.7.3.3 Po montażu na statku, instalacja rurociągów paliwowych powinna być poddana próbie szczelności przy użyciu powietrza lub innego medium, ciśnieniem odpowiednim do zastosowanej metody wykrywania nieszczelności.

16.7.3.4 W instalacjach rurociągów paliwowych o podwójnych ścianach, rura lub kanał zewnętrzny powinny być także poddane próbie ciśnieniowej, w celu wykazania że mogą wytrzymać przewidywane maksymalne ciśnienie rozerwania rury.

16.7.3.5 Wszystkie instalacje rurociągów, włącznie z zaworami, armaturą oraz związanym wyposażeniem przeznaczonym do przetłaczania paliwa lub par, powinno być poddane próbom w normalnych warunkach eksploatacyjnych, nie później niż przy pierwszej operacji bunkrowania, zgodnie z wymaganiami Administracji.

16.7.3.6 Zawory awaryjnego zamykania instalacji skroplonego paliwa gazowego powinny zamykać się całkowicie i płynnie w czasie 30 s od uruchomienia. Na statku powinna znajdować się informacja dotycząca czasu zamykania zaworów oraz ich charakterystyki eksploatacyjnej, a czas zamykania powinien być możliwy do zweryfikowania i powtarzalny.

16.7.3.7 Czas zamykania zaworu podany w 8.5.8 oraz 15.4.2.2 (tj. czas od podania sygnału zamykania do całkowitego zamknięcia zaworu) nie powinien być większy od:

$$3600U/BR \text{ (sekund)}$$

gdzie:

U = objętość ulażu przy zadziałaniu sygnału poziomym (m^3);

BR = maksymalna szybkość bunkrowania uzgodniona pomiędzy statkiem a obiektem na lądzie (m^3/h); lub

5 sekund, przyjmując wartość mniejszą.

Szybkość bunkrowania należy dostosować tak aby ograniczyć do poziomu akceptowalnego uderzenie ciśnienia w momencie zamknięcia zaworu, z uwzględnieniem przyłączonego węża lub ramienia do bunkrowania, oraz tam gdzie to ma zastosowanie, instalacji rurociągów na statku oraz na lądzie.

CZEŚĆ C-1

W kontekście wymagań tej części kodeksu paliwo oznacza gaz ziemny, w postaci skroplonej lub gazowej.

17 ĆWICZENIA RUTYNOWE I NA WYPADEK AWARII

Ćwiczenia rutynowe i na wypadek awarii na statku powinny być przeprowadzane w regularnych odstępach czasu.

Ćwiczenia dotyczące obsługi instalacji gazowej mogą obejmować, np:

- .1 ćwiczenia symulacyjne (teoretyczne);
- .2 przegląd procedur przesyłania paliwa w oparciu o podręcznik prowadzenia operacji z paliwem wymagany w 18.2.3;
- .3 reagowanie na potencjalne sytuacje awaryjne;
- .4 próby wyposażenia przeznaczonego do reagowania w sytuacjach awaryjnych; oraz
- .5 przeglądy przeszkolenia wyznaczonych marynarzy do wykonywania wyznaczonych zadań podczas operacji przesyłania paliwa oraz reagowania w sytuacjach awaryjnych.

Ćwiczenia dotyczące obsługi instalacji gazowej mogą być częścią okresowych ćwiczeń rutynowych wymaganych przez SOLAS.

Należy poddać przeglądowi i próbom system reagowania i bezpieczeństwa dotyczący kontroli zagrożeń i wypadków.

18 EKSPLOATACJA

18.1 Cel

Celem tego rozdziału jest przedstawienie wymagań dotyczących zapewnienia, że procedury eksploatacyjne załadowania, magazynowania, obsługi, konserwacji oraz kontroli instalacji gazu lub paliwa o niskiej temperaturze zapłonu minimalizują zagrożenia dla personelu, statku i środowiska i że są one zgodne z procedurami obsługi konwencjonalnego statku z napędem olejowym, z uwzględnieniem właściwości paliwa ciekłego lub gazowego.

18.2 Wymagania funkcjonalne

Niniejszy rozdział powiązany jest z wymaganiami funkcjonalnymi podanymi w 3.2.1 do 3.2.3, 3.2.9, 3.2.11, 3.2.15, 3.2.16 oraz 3.2.17. Szczególne zastosowanie mają następujące postanowienia:

- .1 na każdym statku objętym wymaganiami tego kodeksu powinien znajdować się egzemplarz tego kodeksu lub krajowe przepisy uwzględniające jego wymagania;
- .2 na statku powinny znajdować się procedury oraz informacje dotyczące utrzymania wszystkich instalacji związanych z przesyłaniem gazu;
- .3 na statku powinny znajdować się procedury operacyjne, włącznie z podręcznikiem obsługi instalacji paliwowej mającym odpowiedni poziom szczegółowości, tak aby personel został przeszkolony w bezpiecznej obsłudze instalacji bunkrowania, magazynowania oraz przesyłania paliwa; oraz
- .4 na statku powinny znajdować się odpowiednie procedury reagowania w sytuacjach awaryjnych.

18.3 Wymagania dotyczące konserwacji

18.3.1 Procedury konserwacji i remontów powinny uwzględniać zagadnienia związane z usytuowaniem zbiornika oraz przestrzeni przyległych (patrz rozdział 5).

18.3.2 Przegląd eksploatacyjny, konserwacje i próby systemu bezpiecznego magazynowania paliwa powinny być wykonywane zgodnie z planem inspekcji/przeglądów wymaganym w 6.4.1.8.

18.3.3 Procedury oraz informacje powinny obejmować konserwację wyposażenia elektrycznego zainstalowanego w przestrzeniach i rejonach zagrożonych wybuchem. Kontrola i konserwacje instalacji elektrycznych w przestrzeniach o zagrożeniu wybuchowym powinny być przeprowadzane zgodnie z uznaną normą³³.

18.4 Wymagania dotyczące operacji bunkrowania

18.4.1 Obowiązki

18.4.1.1 Przed rozpoczęciem operacji bunkrowania, kapitan statku przyjmującego paliwo lub jego przedstawiciel oraz przedstawiciel źródła bunkrowania (osoby odpowiedzialne za operacje bunkrowania) powinni:

- .1 uzgodnić w formie pisemnej procedurę przesyłania paliwa, z uwzględnieniem schładzania oraz jeśli to niezbędne tankowania, maksymalną szybkość przesyłu we wszystkich fazach oraz przesyłaną objętość paliwa;
- .2 uzgodnić w formie pisemnej działania, które będą podejmowane w sytuacjach awaryjnych;
- .3 wypełnić i podpisać listę kontrolną bezpiecznego bunkrowania.

18.4.1.2 Po zakończeniu operacji bunkrowania, osoba odpowiedzialna ze strony statku powinna otrzymać i podpisać kwit bunkrowy na dostarczoną ilość paliwa, zawierający co najmniej informacje podane w Aneksie do Części C-1, wypełniony i podpisany przez osobę odpowiedzialną ze strony źródła bunkrowania.

18.4.2 Przegląd systemów sterowania, automatyki i bezpieczeństwa

18.4.2.1 Podręcznik obsługi instalacji paliwowej wymagany w 18.2.3 powinien obejmować co najmniej:

- .1 ogólną obsługę statku między dokowaniami, włącznie z procedurami schładzania i podgrzewania instalacji, bunkrowania paliwa oraz, tam gdzie ma to zastosowanie, usuwania, próbkowania, napełniania gazem obojętnym i odgazowania;
- .2 systemy kontroli, sygnalizacji alarmu i bezpieczeństwa temperatury i ciśnienia paliwa;
- .3 ograniczenia systemu, szybkość schładzania oraz maksymalne temperatury zbiornika paliwowego przed bunkrowaniem, włącznie z minimalnymi temperaturami paliwa, maksymalnym ciśnieniem zbiornika, szybkością przesyłu, granicami napełniania oraz ograniczeniami związanymi ze sloshingiem;
- .4 działanie instalacji gazu obojętnego;
- .5 procedury przeciwpożarowe oraz postępowania w sytuacjach awaryjnych: obsługę oraz konserwację instalacji przeciwpożarowych oraz stosowanie czynników gaśniczych;
- .6 specyficzne właściwości paliwa oraz wyposażenie specjalne niezbędne do bezpiecznej obsługi określonego paliwa;

³³ Patrz norma IEC 60079 17:2007 Atmosfery wybuchowe – część 17: Kontrola i konserwacja instalacji elektrycznych (Explosive atmospheres – part 17: Electrical installations inspection and maintenance).

- .7 obsługę i konserwację stałego i przenośnego wyposażenia do wykrywania gazu;
- .8 systemy awaryjnego wyłączenia i awaryjnego zwalniania, tam gdzie zostały zainstalowane; oraz
- .9 opis działań proceduralnych podejmowanych w sytuacjach awaryjnych, takich jak wyciek, pożar lub potencjalne rozwarstwienie paliwa powodujące gwałtowny wyciek par ze zbiornika.

18.4.2.2 Należy odwzorować schemat rurociągów i oprzyrządowania instalacji paliwa (P&ID) i umieścić go na stałe w stacji kontroli bunkrowania na statku oraz w stacji bunkrowania.

18.4.3 Kontrola przed bunkrowaniem

18.4.3.1 Przed rozpoczęciem operacji bunkrowania należy przeprowadzić kontrolę obejmującą co najmniej poniższe sprawdzenia, co powinno być udokumentowane w liście kontrolnej bezpiecznego bunkrowania:

- .1 wszystkie metody łączności, włącznie z łącznością statek – ląd, jeśli zostało zainstalowane;
- .2 działanie stałej instalacji wykrywania gazu i pożaru;
- .3 działanie przenośnego sprzętu wykrywania gazu;
- .4 działanie zdalnie sterowanych zaworów; oraz
- .5 kontrola węży i złączy.

18.4.3.2 Pomyślnie przeprowadzona kontrola powinna być udokumentowana poprzez wspólnie uzgodnioną i wypełnioną listę kontrolną bezpiecznego bunkrowania, którą podpisują obie osoby odpowiedzialne za operację bunkrowania (PIC), ze strony statku oraz obiektu bunkrowania.

18.4.4 Łączność ze źródłem bunkrowania

18.4.4.1 Przez cały czas trwania operacji bunkrowania powinna być utrzymywana łączność pomiędzy osobą odpowiedzialną za bunkrowanie ze strony statku a osobą odpowiedzialną ze strony źródła bunkrowania. W przypadku gdy łączność nie może być utrzymana należy zatrzymać bunkrowanie. Może być ono wznowione dopiero po nawiązaniu łączności.

18.4.4.2 Urządzenia łączności stosowane podczas bunkrowania powinny spełniać wymagania norm dla takich urządzeń dopuszczonych przez Administrację.

18.4.4.3 Osoby odpowiedzialne za bunkrowanie z obu stron powinny mieć bezpośrednią i natychmiastową łączność z całym personelem wykonującym operację bunkrowania.

18.4.4.4 Połączenie statek – ląd (SSL) lub równoważne środki łączności służące do automatycznej obsługi połączenia awaryjnego wyłączenia (ESD) ze źródłem bunkrowania powinny być zgodne z systemami awaryjnego wyłączenia statku przyjmującego paliwo oraz źródła bunkrowania³⁴.

18.4.5 Połączenie elektryczne z masą kadłuba

Węże, ramiona przesyłowe, rurociągi i armatura obiektu dostarczającego paliwo powinny być ciągle elektrycznie, odpowiednio izolowane i powinny zapewniać stopień bezpieczeństwa zgodny z uznanymi normami³⁵.

18.4.6 Warunki eksploatacyjne dotyczące przesyłania paliwa

18.4.6.1 W pobliżu wejść do rejonu bunkrowania należy umieścić ostrzeżenia podające środki ochrony przeciwpożarowej, których należy przestrzegać podczas operacji przesyłania paliwa.

³⁴ Patrz norma ISO 28460, Łączność statek–ląd oraz operacje portowe (ship-shore interface and port operations)

³⁵ Patrz API RP 2003, ISGOTT: International Safety Guide for Oil Tankers and Terminals

18.4.6.2 Podczas operacji przesyłania paliwa, personel w rejonie kolektora bunkrowania powinien być ograniczony do niezbędnej liczby. Cały personel wykonujący zadania lub pracujący w pobliżu tych operacji powinien stosować odpowiedni sprzęt ochrony osobistej. Niestosowanie się do wymaganych warunków przesyłania paliwa powinno powodować zatrzymanie tej operacji, która może być wznowiona dopiero po spełnieniu wszystkich wymagań.

18.4.6.3 W przypadku gdy bunkrowanie ma odbywać się za pośrednictwem instalacji zbiorników przenośnych, procedura powinna zapewniać równoważny poziom bezpieczeństwa, jak w przypadku zbiorników oraz instalacji będących częścią konstrukcji statku. Zbiorniki przenośne powinny być napełnione przed załadowaniem na statek i powinny być odpowiednio umocowane przed podłączeniem do instalacji paliwowej.

18.4.6.4 W przypadku zbiorników nie zainstalowanych na stałe na statku, podłączenie wszystkich niezbędnych systemów zbiornika (rurociągi, urządzenia sterowania, systemy bezpieczeństwa, urządzenia nadmiarowe, itp.) do instalacji paliwowej statku jest częścią procesu bunkrowania i powinno być zakończone przed odejściem statku od źródła bunkrowania. Nie jest dopuszczalne podłączanie i odłączanie zbiorników przenośnych podczas podróży statku lub jego manewrowania.

18.5 Wymagania dotyczące wejścia do zamkniętych przestrzeni

18.5.1 W normalnych sytuacjach eksploatacyjnych, personel nie powinien wchodzić do zbiorników paliwowych, przestrzeni magazynowania paliwa, przestrzeni pustych, przestrzeni przyłączeniowych zbiornika lub innych przestrzeni zamkniętych, gdzie mogą gromadzić się gaz lub pary palne, chyba że ustalono zawartość gazu w atmosferze takiej przestrzeni przy pomocy wyposażenia stałego lub przenośnego, tak aby zapewniona była wystarczająca ilość tlenu i nie powstała atmosfera wybuchowa³⁶.

18.5.2 Personel wchodzący do jakiegokolwiek przestrzeni oznaczonej jako rejon niebezpieczny nie powinien do niej wprowadzać żadnego potencjalnego źródła zapłonu, chyba że jest ona certyfikowana jako wolna od gazu i utrzymywana w tym stanie.

18.6 Wymagania dotyczące napełniania gazem obojętnym i przedmuchiwania instalacji paliwowych

18.6.1 Podstawowym celem napełniania gazem obojętnym i przedmuchiwania instalacji paliwowych jest zapobieganie tworzenia się atmosfery palnej w instalacji rurociągów paliwowych, zbiornikach paliwa, elementach wyposażenia, wokół nich i w przyległych przestrzeniach.

18.6.2 Procedury napełniania gazem obojętnym oraz przedmuchiwania instalacji paliwowych powinny zapobiegać wprowadzaniu powietrza do rurociągów lub zbiorników, w których znajdują się atmosfery wybuchowe oraz wprowadzaniu gazu do powietrza znajdującego się w pomieszczeniach i przestrzeniach przyległych do instalacji paliwowych.

18.7 Wymagania dotyczące pracy z użyciem wysokich temperatur w rejonie instalacji paliwowych

18.7.1 Praca z użyciem wysokich temperatur w pobliżu zbiorników paliwowych, rurociągów paliwa oraz systemów izolacyjnych, które mogą być palne, zanieczyszczone węglowodorami, lub które mogą wydzielać toksyczne pary jako produkty spalania powinna być podejmowana jedynie po zabezpieczeniu tego rejonu i stwierdzeniu, że możliwa jest w nim bezpieczna praca z użyciem wysokich temperatur oraz po uzyskaniu wszystkich pozwoleń.

³⁶ Patrz Znowelizowane zalecenia dotyczące wejścia do przestrzeni zamkniętych na statkach (A.1050(27)).

ANEKS
KWIT DOSTAWY PALIWA LNG *
LNG JAKO PALIWO DLA

NAZWA STATKU: _____ **NR IMO:** _____

Data dostawy:

1. Właściwości LNG

Liczba metanowa**	–
Dolna wartość kaloryczna (grzewcza)	MJ/kg
Górna wartość kaloryczna (grzewcza)	MJ/kg
Liczby Wobbego Ws/Wi	MJ/m ³
Gęstość	Kg/ m ³
Ciśnienie	MPa (abs)
Temperatura dostarczonego LNG	°C
Temperatura LNG w zbiornikach	°C
Ciśnienie w zbiornikach	MPa (abs)

2. Skład LNG

Metan, CH ₄	% (kg/kg)
Etan, C ₂ H ₆	% (kg/kg)
Propan, C ₃ H ₈	% (kg/kg)
Izobutan, i C ₄ H ₁₀	% (kg/kg)
N-butan, n C ₄ H ₁₀	% (kg/kg)
Pentan, C ₅ H ₁₂	% (kg/kg)
Heksan, C ₆ H ₁₄	% (kg/kg)
Heptan, C ₇ H ₁₆	% (kg/kg)
Azot, N ₂	% (kg/kg)
Siarka, S	% (kg/kg)

Składniki nieistotne <5ppm siarkowodór, wodór, amoniak, chlor, fluor, woda

3. Całkowita ilość dostarczona netto: _____ t, _____ MJ _____ m³
Dostarczona ciecz netto: _____ GJ

4. Podpisy:

Nazwa dostawcy, dane do kontaktu: _____

Podpis: _____ Miejsce/Port _____ data: _____

Odbiorca: _____

* Właściwości i skład LNG umożliwiają działanie operatora zgodnie z wymaganiami dotyczącymi gazu o znanych właściwościach oraz na stosowanie wszelkich związanych z tym ograniczeń eksploatacyjnych.

** Zalecane jest stosowanie wartości powyżej 70 oraz odniesienie do stosowanej metody obliczania liczby metanowej podanej w DIN EN 16726. Nie musi to odzwierciedlać liczby metanowej paliwa, które dostarczane jest do silnika.

CZĘŚĆ D

19 SZKOLENIE

19.1 Cel

Celem tego rozdziału jest zapewnienie, aby marynarze na statkach objętych postanowieniami niniejszego kodeksu byli odpowiednio wykwalifikowani, przeszkoleni i posiadali odpowiednie doświadczenie.

19.2 Wymagania funkcjonalne

Armatorzy powinny zapewnić, aby marynarze służący na statkach wykorzystujących gazy lub inne paliwa o niskiej temperaturze zapłonu ukończyli szkolenie pozwalające uzyskać kompetencje odpowiednie do pełnionych obowiązków, wykonywanych zadań i pełnionych obowiązków, z uwzględnieniem postanowień Konwencji STCW oraz niniejszego kodeksu, z kolejnymi zmianami.