



**PRZEPISY**

**PUBLIKACJA 72/P**

**WYMAGANIA BEZPIECZEŃSTWA DLA STATKÓW WYKORZYSTUJĄCYCH  
GAZY O NISKIEJ TEMPERATURZE ZAPŁONU JAKO PALIWO**

styczeń  
2025

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

GDAŃSK

*Publikacja 72/P – Wymagania bezpieczeństwa dla statków wykorzystujących gazy o niskiej temperaturze zapłonu jako paliwo – stycznia 2025, stanowi rozszerzenie wymagań Części I – Zasady klasyfikacji, Przepisów klasyfikacji i budowy statków morskich oraz wszystkich innych Przepisów, w których jest przywołana.*

Publikacja ta została zatwierdzona przez Zarząd PRS S.A. w dniu 13 grudnia 2024 r. i wchodzi w życie 1 stycznia 2025 r.

© Copyright by Polski Rejestr Statków\*, 2025

---

\* Polski Rejestr Statków oznacza Polski Rejestr Statków S.A. z siedzibą w Gdańsku, al. gen. Józefa Hallera 126, 80-416 Gdańsk, wpisany do Rejestru Przedsiębiorców Krajowego Rejestru Sądowego pod nr KRS: 0000019880. Polski Rejestr Statków, jego oddziały, spółki i inne podmioty zależne, kadra kierownicza, pracownicy, agenci są indywidualnie lub zbiorowo nazywani Polskim Rejestrem Statków lub w skrócie PRS.

# SPIS TREŚCI

	Str.
<b>1 Wstęp</b> .....	7
<b>2 Postanowienia ogólne</b> .....	8
2.1 Zastosowanie.....	8
2.2 Definicje.....	8
2.3 Dokumentacja projektowa.....	13
2.4 Certyfikaty i dokumenty zgodności.....	16
2.5 Dokumentacja eksploatacyjna.....	16
2.6 Procedury obsługi technicznej i napraw.....	16
2.7 Instrukcja postępowania z paliwem.....	17
2.8 Projekty alternatywne.....	18
2.9 Próby na statku.....	18
<b>3 Cel oraz wymagania funkcjonalne (Kodeks IGF, 3)</b> .....	19
3.1 Cel.....	19
3.2 Wymagania funkcjonalne (Kodeks IGF, 3.2).....	19
<b>4 Wymagania ogólne (Kodeks IGF, 4)</b> .....	21
4.1 Cel.....	21
4.2 Ocena ryzyka (Kodeks IGF, 4.2).....	21
4.3 Ograniczenie skutków wybuchu.....	21
<b>5 Projekt i rozplanowanie statku (Kodeks IGF, 5)</b> .....	23
5.1 Cel.....	23
5.2 Wymagania funkcjonalne (Kodeks IGF, 5.2).....	23
5.3 Wymagania ogólne (Kodeks IGF, 5.3).....	23
5.4 Konceptje przedziału maszynowego (Kodeks IGF, 5.4).....	26
5.5 Wymagania dotyczące przedziałów maszynowych gazobezpiecznych (Kodeks IGF, 5.5).....	27
5.6 Wymagania dotyczące przedziałów maszynowych chronionych systemem ESD (Kodeks IGF, 5.6).....	27
5.7 Lokalizacja i ochrona rurociągów paliwa (Kodeks IGF, 5.7).....	28
5.8 Pomieszczenia przygotowania paliwa.....	28
5.9 Instalacje zęzowe (Kodeks IGF, 5.9).....	29
5.10 Wanienki ściekowe (Kodeks IGF, 5.10).....	29
5.11 Rozmieszczenie wejść i innych otworów w przestrzeniach zamkniętych (Kodeks IGF, 5.11).....	30
5.12 Śluzy powietrzne (Kodeks IGF, 5.12).....	30
5.13 Lokalizacja wylotów LPG.....	31
<b>6 System magazynowania paliwa (Kodeks IGF, 6)</b> .....	32
6.1 Cel.....	32
6.2 Wymagania funkcjonalne.....	32
6.3 Wymagania ogólne (Kodeks IGF, 6.3).....	33
6.4 Magazynowanie skroplonego paliwa gazowego (Kodeks IGF, 6.4).....	34
6.5 Przenośne zbiorniki skroplonego paliwa gazowego (Kodeks IGF, 6.5).....	64
6.6 Magazynowanie paliwa CNG (Kodeks IGF, 6.6).....	65
6.7 System rozładowania ciśnienia (Kodeks IGF, 6.7).....	66
6.8 Granica załadunku zbiorników skroplonego paliwa gazowego (Kodeks IGF, 6.8).....	72
6.9 Utrzymywanie warunków magazynowania paliwa (Kodeks IGF, 6.9).....	72
6.10 Kontrola atmosfery w systemie magazynowania paliwa (Kodeks IGF, 6.10).....	74
6.11 Kontrola atmosfery w obrębie przestrzeni magazynowej paliwa (Systemy magazynowania paliwa inne niż zbiorniki niezależne typu C) (Kodeks IGF, 6.11).....	74
6.12 Kontrola środowiska przestrzeni otaczających zbiorniki niezależne typu C (Kodeks IGF, 6.12) ...	75

6.13	Zobojętnianie (Kodeks IGF, 6.13).....	75
6.14	Wytwarzanie i magazynowanie gazu obojętnego na statku (Kodeks IGF, 6.14) .....	75
<b>7</b>	<b>Materiały i wymagania ogólne dotyczące projektowania rurociągów (Kodeks IGF, 7).....</b>	<b>77</b>
7.1	Cel.....	77
7.2	Wymagania funkcjonalne (Kodeks IGF, 7.2).....	77
7.3	Projektowanie rurociągów (Kodeks IGF, 7.3).....	77
7.4	Materiały (Kodeks IGF, 7.4).....	81
<b>8</b>	<b>Bunkrowanie (Kodeks IGF, 8) .....</b>	<b>87</b>
8.1	Cel.....	87
8.2	Wymagania funkcjonalne (Kodeks IGF, 8.2).....	87
8.3	Stacja bunkrowania (Kodeks IGF, 8.3).....	87
8.4	Kolektor (Kodeks IGF, 8.4).....	88
8.5	System bunkrowania (Kodeks IGF, 8.5).....	88
<b>9</b>	<b>Zasilanie paliwem odbiorników (Kodeks IGF, 9).....</b>	<b>90</b>
9.1	Cel.....	90
9.2	Wymagania funkcjonalne .....	90
9.3	Redundancja zasilania paliwem (Kodeks IGF, 9.3) .....	90
9.4	Funkcje bezpieczeństwa systemu zasilania gazem (Kodeks IGF, 9.4).....	91
9.5	Dystrybucja paliwa poza przedziałem maszynowym (Kodeks IGF, 9.5).....	92
9.6	Zasilanie paliwem odbiorników w przedziałach maszynowych gazobezpiecznych (Kodeks IGF, 9.6) .....	93
9.7	Zasilanie paliwem gazowym odbiorników w przedziałach maszynowych chronionych systemem ESD (Kodeks IGF, 9.7) .....	94
9.8	Projektowanie kanału wentylowanego, rury zewnętrznej chroniącej przed wyciekami gazu z przewodu wewnętrznego (Kodeks IGF, 9.8).....	94
9.9	Sprężarki i pompy (Kodeks IGF, 9.9).....	95
<b>10</b>	<b>Wytwarzanie energii, w tym przez urządzenia napędowe statku i inne odbiorniki gazu (Kodeks IGF, 10) .....</b>	<b>96</b>
10.1	Cel.....	96
10.2	Wymagania funkcjonalne .....	96
10.3	Tłokowe silniki spalinowe (Kodeks IGF, 10.3).....	96
10.4	Kotły główne i pomocnicze (Kodeks IGF, 10.4).....	98
10.5	Turbiny gazowe (Kodeks IGF, 10.5).....	99
<b>11</b>	<b>Bezpieczeństwo pożarowe (Kodeks IGF, 1.1).....</b>	<b>100</b>
11.1	Cel.....	100
11.2	Wymagania funkcjonalne .....	100
11.3	Ochrona przeciwpożarowa (Kodeks IGF, 11.3) .....	100
11.4	Instalacja wodno-hydrantowa (Kodeks IGF, 11.4).....	101
11.5	Instalacja zraszająca wodna (Kodeks IGF, 11.5) .....	102
11.6	Instalacja gaśnicza proszkowa (Kodeks IGF, 11.6).....	102
11.7	Instalacja wykrywania i sygnalizacji pożaru (Kodeks IGF, 11.7).....	103
11.8	Instalacje gaśnicze pomieszczenia przygotowania paliwa.....	103
<b>12</b>	<b>Zapobieganie wybuchom (Kodeks IGF, 12).....</b>	<b>104</b>
12.1	Cel.....	104
12.2	Wymagania funkcjonalne .....	104
12.3	Postanowienia ogólne .....	104
12.4	Klasyfikacja obszarów.....	104
12.5	Strefy obszarów niebezpiecznych (Kodeks IGF, 12.5).....	105

<b>13 Wentylacja (Kodeks IGF, 13)</b> .....	107
13.1 Cel.....	107
13.2 Wymagania funkcjonalne .....	107
13.3 Postanowienia ogólne (Kodeks IGF, 13) .....	107
13.4 Wentylacja przestrzeni przyłączeniowej zbiornika (Kodeks IGF, 13.4).....	109
13.5 Wentylacja przedziałów maszynowych (Kodeks IGF, 13.5) .....	109
13.6 Wentylacja pomieszczenia przygotowania paliwa (Kodeks IGF, 13.6).....	110
13.7 Wentylacja stacji bunkrowania.....	111
13.8 Wentylacja kanałów i rurociągów o podwójnych ścianach (Kodeks IGF, 13.8).....	111
<b>14 Instalacje elektryczne (Kodeks IGF, 14)</b> .....	112
14.1 Cel.....	112
14.2 Wymagania funkcjonalne .....	112
14.3 Postanowienia ogólne .....	112
<b>15 Systemy sterowania, monitoringu i bezpieczeństwa (Kodeks IGF, 15)</b> .....	114
15.1 Cel.....	114
15.2 Wymagania funkcjonalne .....	114
15.3 Postanowienia ogólne (Kodeks IGF, 15.3) .....	114
15.4 Monitoring bunkrowania i zbiorników skroplonego paliwa gazowego (Kodeks IGF, 15.4) .....	115
15.5 Sterowanie bunkrowaniem (Kodeks IGF, 15.5).....	116
15.6 Monitoring sprężarek gazu (Kodeks IGF, 15.6) .....	117
15.7 Monitoring silników zasilanych gazem .....	117
15.8 Wykrywanie gazu (Kodeks IGF, 15.8) .....	117
15.9 Wykrywanie pożaru.....	118
15.10 Wentylacja (Kodeks IGF, 15.10).....	119
15.11 Funkcje bezpieczeństwa systemów zasilania paliwem (Kodeks IGF, 15.11).....	119
<b>16 Produkcja, wykonanie i próby (Kodeks IGF, 16)</b> .....	122
16.1 Wymagania ogólne (Kodeks IGF, 16.1).....	122
16.2 Ogólne wymagania i specyfikacje dotyczące prób (Kodeks IGF, 16.2).....	122
16.3 Spawanie materiałów metalowych oraz badania nieniszczące systemu magazynowania paliwa (Kodeks IGF, 16.3).....	124
16.4 Inne wymagania dotyczące konstrukcji z materiałów metalowych (Kodeks IGF, 16.4) .....	127
16.5 Próby (Kodeks IGF, 16.5) .....	128
16.6 Spawanie, obróbka cieplna po spawaniu oraz badania nieniszczące (Kodeks IGF, 16.6) .....	131
16.7 Wymagania dotyczące prób (Kodeks IGF, 16.7).....	131
<b>17 Wymagania dla statków wykorzystujących wodór jako paliwo</b> .....	134
17.1 Wstęp.....	134
17.2 Postanowienia ogólne (2).....	134
17.3 Cel i wymagania funkcjonalne (3).....	135
17.4 Wymagania ogólne (4).....	136
17.5 Konstrukcja i rozplanowanie statku (5).....	138
17.6 System magazynowania paliwa (6).....	142
17.7 Materiały i ogólne postanowienia dotyczące projektowania rurociągów (7) .....	149
17.8 Bunkrowanie (8).....	152
17.9 Zasilanie paliwem odbiorników (9).....	154
17.10 Wytwarzanie energii w tym przez urządzenia napędowe oraz inne odbiorniki paliwa (10) ..	163
17.11 Bezpieczeństwo pożarowe (11).....	166
17.12 Zapobieganie wybuchom (12).....	167
17.13 Wentylacja (13) .....	168
17.14 Instalacje elektryczne (14) .....	170
17.15 Systemy sterowania, monitoringu oraz bezpieczeństwa (15) .....	172

<b>ZAŁĄCZNIK 1-</b> Standard dotyczący stosowania metodologii stanów granicznych podczas projektowania systemów magazynowania paliwa o nowatorskiej konfiguracji (Kodeks IGC – Załącznik) .....	177
1 Postanowienia Ogólne .....	177
2 Format Projektowania.....	177
3 Wymagane Analizy.....	178
4 Stany Graniczne Nośności .....	179
5 Stany Graniczne Zmęczenia.....	182
6 Stany Graniczne Awarii .....	183
7 Próby .....	183
<b>ZAŁĄCZNIK 2-</b> Ocena ryzyka wymagana przez Kodeks IGF (IACS REC. 146) .....	184
<b>Wykaz zewnętrznych dokumentów odniesienia .....</b>	<b>208</b>

## 1 WSTĘP

**1.1** Niniejsza *Publikacja* zawiera wymagania techniczne dla statków wykorzystujących gaz o niskiej temperaturze zapłonu (LNG, CNG, LPG, wodór) jako paliwo. Gazowce wykorzystujące swój ładunek jako paliwo powinny spełniać wymagania *Przepisów klasyfikacji i budowy gazowców morskich*. Statki wyposażone w ogniwa paliwowe wykorzystujące jako paliwo gaz o niskiej temperaturze zapłonu powinny spełniać wymagania *Publikacji 37/I – Wytyczne dotyczące bezpieczeństwa statków wykorzystujących instalacje energetyczne ogniwo paliwowych*.

**1.2** Podstawowym założeniem niniejszej *Publikacji* jest określenie wymagań dotyczących rozmieszczenia, instalowania, sterowania i monitorowania silników, urządzeń i systemów wykorzystujących jako paliwo gaz o niskiej temperaturze zapłonu, w celu zminimalizowania zagrożeń dla statku, jego załogi i środowiska, z uwzględnieniem właściwości stosowanych paliw gazowych.

**1.3** Niniejsza *Publikacja* została opracowana w oparciu o wymagania techniczne następujących dokumentów źródłowych: *Kodeksu IGF*, z poprawkami, MSC.1/Circ.1666, *Interim Guidelines for the Safety of Ships Using LPG Fuels* oraz dokumentu [CCC 10/WP.5 Draft Interim Guidelines for the Safety of Ships Using Hydrogen as Fuel](#).

**1.4** Układ redakcyjny *Publikacji* odpowiada ogólnie układowi *Kodeksu IGF*. Wymagania kodeksu, które zasadniczo dotyczą wykorzystywania LNG oraz CNG jako paliwa oznaczono czcionką koloru **niebieskiego** a ich numery oryginalne (pochodzące z *Kodeksu*) podano w nawiasach na końcu każdego punktu.

**1.5** W *Publikacji* uwzględniono także wymagania IACS oraz rezolucje IMO odnoszące się do *Kodeksu IGF*, odpowiednio oznaczone czcionką koloru **fioletowego** (wspólne rezolucje IACS oraz IMO) lub **niebieskiego** (rezolucje IMO).

**1.6** Specyficzne wymagania dotyczące wykorzystywania gazu LPG jako paliwa oznaczono w całej *Publikacji* czcionką koloru **czwornego**. Specyficzne wymagania dotyczące wykorzystywania wodoru podano osobno w rozdziale 17 wraz z odnośnikami do określonych rozdziałów i punktów niniejszej *Publikacji (Kodeksu IGF)*.

**1.7** Jeżeli w tekście *Publikacji* jakiegokolwiek ustalenia techniczne pozostawiono do decyzji/uznania Administracji państwa bandery, to PRS, działając jako organizacja uznana (RO) w imieniu Administracji państwa bandery, podejmie stosowne decyzje zgodnie z postanowieniami Umowy z Administracją. Jeżeli Administracja państwa bandery nowej budowy jest nieznaną (jeszcze nie zdecydowano), to PRS podejmie stosowne decyzje we własnym zakresie.

## 2 POSTANOWIENIA OGÓLNE

### 2.1 Zastosowanie

**2.1.1** Niniejsza *Publikacja* przeznaczona jest dla statków, do których ma zastosowanie część G Konwencji SOLAS, rozdział II-1, *Statki stosujące paliwa o niskiej temperaturze zapłonu*.

**2.1.2** Statek wykorzystujący konwencjonalne paliwo morskie oraz gaz ziemny lub skroplony gaz ropopochodny (statek dwupaliwowy) spełniający mające zastosowanie wymagania rozdziałów 2 do 16 niniejszej *Publikacji* otrzymuje jeden z poniższych znaków dodatkowych w symbolu klasy:

**IGF DF LNG**

**IGF DF CNG**

**IGF DF LPG**

**2.1.3** Statek wykorzystujący konwencjonalne paliwo morskie oraz wodór jako paliwo (statek dwupaliwowy) spełniający mające zastosowanie wymagania rozdziału 2 oraz rozdziału 17 niniejszej *Publikacji* otrzymuje następujący znak dodatkowy w symbolu klasy:

**IGF DF H<sub>2</sub>**

**2.1.4** W przypadku statku wykorzystującego jedynie gaz o niskiej temperaturze zapłonu jako paliwo (statek z silnikiem(-ami) zasilanym wyłącznie gazem), mający do niego zastosowanie znak dodatkowy, o którym mowa w 2.2.2 lub 2.1.3, nie zawiera liter **DF**.

**2.1.5** Statek wykorzystujący konwencjonalne paliwo morskie oraz częściowo przygotowany do stosowania w przyszłości jako paliwa gazu o niskiej temperaturze zapłonu, tj. nie w pełni wyposażony oraz nie w pełni zgodny z wymaganiami rozdziałów 2 do 16 lub rozdziału 2 oraz 17 niniejszej *Publikacji* otrzymuje jeden z poniższych znaków dodatkowych w symbolu klasy:

**LNG READY**

**CNG READY**

**LPG READY**

**H<sub>2</sub> READY**

Stopień gotowości statku w zakresie konstrukcji kadłuba, zbiorników paliwa oraz powiązanych z nimi systemów, bunkrowania paliwa, odbiorników gazu (silniki spalinowe, turbiny, kotły) oraz instalacji zasilania paliwem odbiorników gazu określany jest w *Świadectwie klasy* w punkcie *Informacje dodatkowe*.

**2.1.6** Statki inne niż podlegające Konwencji SOLAS mogą zostać zwolnione z poszczególnych wymagań podanych w *Publikacji*, pod warunkiem dokładnego rozpatrzenia i zaakceptowania odstępstw przez PRS.

### 2.2 Definicje

Do celów niniejszej *Publikacji* mają zastosowanie definicje zawarte w Konwencji SOLAS, rozdział II-2 oraz podane poniżej.

**2.2.1** *Wypadek (Accident)* oznacza niekontrolowane zdarzenie, które może pociągać za sobą utratę życia ludzkiego, obrażenia ciała, szkody dla środowiska lub utratę majątku i aktywów finansowych. (Kodeks IGF, 2.2.1)



**2.2.2** *Temperatura samozapłonu (Auto-ignition temperature)* oznacza najniższą temperaturę, przy której następuje spontaniczny zapłon paliwa w normalnej atmosferze bez zewnętrznego źródła zapłonu, takiego jak płomień lub iskra. (MSC.1/Circ.1666, 2.2.3)

**2.2.3** *Szerokość statku (B) (Breadth)* oznacza największą szerokość konstrukcyjną statku przy lub poniżej największego zanurzenia (zanurzenie dla letniej linii ładunkowej) (patrz Konwencja SOLAS prawidło II-1/2.8). (Kodeks IGF, 2.2.2)

**2.2.4** *Bunkrowanie (Bunkering)* oznacza przesyłanie paliwa w stanie ciekłym lub gazowym z urządzeń lądowych lub pływających do stałych zbiorników statku lub podłączenie zbiorników przenośnych do statkowego systemu zasilania paliwem. (Kodeks IGF, 2.2.3)

**2.2.5** *Certyfikowany jako typu bezpiecznego (Certified safe type)* oznacza sprzęt elektryczny, który został certyfikowany, przez odpowiednie instytucje uznane przez Administrację, jako bezpieczny do pracy w atmosferze łatwopalnej, w oparciu o uznaną normę\*. (Kodeks IGF, 2.2.4)

\* Patrz seria norm IEC 60079, Atmosfery wybuchowe oraz IEC 60092-502: 1999, Instalacje elektryczne na statkach – Zbiornikowce – Funkcje specjalne.

**2.2.6** *CNG (Compressed Natural Gas)* oznacza sprężony gaz ziemny (patrz także 2.2.26). (Kodeks IGF, 2.2.5)

**2.2.7** *Posterunek dowodzenia (Control station)* oznacza pomieszczenia zdefiniowane w Konwencji SOLAS, rozdział II-2 oraz dodatkowo dla niniejszej *Publikacji (Kodeksu)* centralę manewrowo-kontrolną (CMK). (Kodeks IGF, 2.2.6)

**2.2.8** *Stopień rozcieńczenia (Degree of dilution)* oznacza miarę zdolności wentylacji lub warunków atmosferycznych do rozcieńczenia wycieku gazu do poziomu bezpiecznego. Stopień rozcieńczenia określany jest jako wysoki, średni oraz niski (patrz IEC 60079-10-1, 6.5.4) (MSC.1/Circ.1666, 2.2.7).

**2.2.9** *Temperatura projektowa (Design temperature)*, przy doborze materiałów jest to minimalna temperatura, w której skroplone paliwo gazowe może być ładowane lub transportowane w zbiornikach skroplonego paliwa gazowego. (Kodeks IGF, 2.2.7)

**2.2.10** *Projektowa prężność par "Po" (Design vapour pressure)* jest to maksymalne ciśnienie manometryczne w górnej części zbiornika, jakie należy zastosować przy projektowaniu zbiornika. (Kodeks IGF, 2.2.8)

**2.2.11** *Zawór podwójnej blokady i upustu (Double block and bleed valve)* oznacza zestaw dwóch zaworów zamontowanych szeregowo na rurociągu w połączeniu z trzecim zaworem umożliwiającym uwolnienie gazu i obniżenie ciśnienia w odcinku rurociągu między tymi dwoma zaworami. Zestaw może również składać się z zaworu dwudrożnego i zaworu odcinającego, zamiast trzech oddzielnych zaworów. (Kodeks IGF, 2.2.9)

**2.2.12** *Silniki dwupaliwowe (Dual fuel engines)* oznaczają silniki, które wykorzystują paliwo objęte niniejszą *Publikacją (Kodeksem)* (z paliwem pilotowym) oraz paliwo olejowe. Paliwa olejowe mogą obejmować paliwa destylowane i pozostałościowe. (Kodeks IGF, 2.2.10)

**2.2.13** *Skuteczność wentylacji (Effectiveness of ventilation)* odnosi się do wpływu wentylacji na kontrolę dyfuzji gazów oraz utrzymywanie się wybuchowej atmosfery gazowej po wycieku gazu, w zależności od stopnia oraz efektywności wentylacji (patrz IEC 60079-10-1) (MSC.1/ Circ.1666, 2.2.6).

**2.2.14** *Przestrzeń zamknięta (Enclosed space)* oznacza każdą przestrzeń, w której w przypadku braku wentylacji sztucznej, wentylacja będzie ograniczona, a atmosfera wybuchowa nie zostanie rozproszona w sposób naturalny\*. (Kodeks IGF, 2.2.11)

\* Patrz także definicja w IEC 60092-502: 1999.

**2.2.15** *ESD (Emergency Shut-down)* oznacza wyłączenie awaryjne. (Kodeks IGF, 2.2.12)

**2.2.16** *Wybuch (Explosion)* oznacza zdarzenie deflagracji polegające na niekontrolowanym spalaniu. (Kodeks IGF, 2.2.13)

**2.2.17** *Upust ciśnienia wybuchowego (Explosion pressure relief)* oznacza środki mające na celu zapobieżenie przekroczenia ciśnienia wybuchu w zbiorniku lub w przestrzeni zamkniętej przekraczającego maksymalne nadciśnienie, dla którego zbiornik lub przestrzeń jest przeznaczona, poprzez uwolnienie nadciśnienia przez przeznaczone do tego otwory. (Kodeks IGF, 2.2.14)

**2.2.18** *Granica napełnienia (FL) (Filling limit)* oznacza maksymalną objętość cieczy w zbiorniku paliwa w stosunku do całkowitej objętości zbiornika, po osiągnięciu przez paliwo ciekłe temperatury odniesienia. (Kodeks IGF, 2.2.16)

**2.2.19** *Paliwo (Fuel)* w niniejszej *Publikacji* oznacza każdy typ paliwa gazowego (LNG, CNG, LPG i wodór), jeśli nie określono inaczej.

**2.2.20** *System magazynowania paliwa (Fuel containment system)* jest to układ służący do przechowywania paliwa gazowego, w tym przyłącza zbiornika. Obejmuje on, jeśli zamontowano, barierę pierwotną i wtórną, związaną z nim izolację i wszelkie przestrzenie pośrednie, przyległą konstrukcję, jeśli jest to konieczne do podparcia tych elementów. Jeżeli bariera wtórna jest częścią konstrukcji kadłuba, to może stanowić granicę przestrzeni magazynowej paliwa.

Przestrzenie wokół zbiornika paliwa definiuje się w następujący sposób:

- 1** *Przestrzeń magazynowa paliwa (Fuel storage hold space)* jest to przestrzeń otoczona konstrukcją statku, w której znajduje się system magazynowania paliwa. Jeśli przyłącza zbiornika znajdują się w przestrzeni magazynowej paliwa, to będzie to również przestrzeń przyłączeniowa zbiornika;
- 2** *Przestrzeń międzybarierowa (Interbarrier space)* jest to przestrzeń między barierą pierwotną a wtórną, całkowicie lub częściowo zajęta przez izolację lub inny materiał; oraz
- 3** *Przestrzeń przyłączeniowa zbiornika (Tank connection space)* jest to przestrzeń otaczająca wszystkie przyłącza zbiornikowe i zawory zbiorników, która jest wymagana dla zbiorników z takimi przyłączami w pomieszczeniach zamkniętych. (Kodeks IGF, 2.2.15)

**Interpretacja IACS oraz IMO:**

- 1. Przestrzeń przyłączeniowa zbiorników może być wymagana także dla zbiorników na pokładzie otwartym. Może to dotyczyć statków, na których ograniczenie obszarów niebezpiecznych jest krytyczne dla bezpieczeństwa. Przestrzeń przyłączeniowa zbiornika może być również konieczna w celu zapewnienia ochrony środowiska dla istotnego wyposażenia bezpieczeństwa związanego z systemem paliwa gazowego, takiego jak zawory zbiornika, zawory bezpieczeństwa i oprzyrządowanie.*
- 2. Przestrzeń przyłączeniowa zbiornika może również zawierać urządzenia, takie jak parowniki lub wymienniki ciepła. Uważa się, że takie ww. urządzenia zawierają tylko potencjalne źródła wycieku gazu, ale nie źródła zapłonu. (IACS UI GF3, MSC.1/Circ.1558)*

**2.2.21** *Pomieszczenie przygotowania paliwa (Fuel preparation room)* oznacza każde pomieszczenie, w którym znajdują się pompy, sprężarki i/lub parowniki służące do przygotowania paliwa gazowego. (Kodeks IGF, 2.2.17)

**Interpretacja IACS oraz IMO:**

*Przeźreń przyłączeniowa zbiornika, w której znajdują się urządzenia, takie jak parowniki lub wymienniki ciepła, nie jest traktowana jako pomieszczenie przygotowania paliwa. Uważa się, że takie ww. urządzenia zawierają tylko potencjalne źródła wycieku gazu, lecz nie źródła zapłonu. (IACS UI GF4, MSC.1/Circ.1558)*

**2.2.22 Gaz (Gas)** oznacza ciecz o prężności par przekraczającej 0,28 MPa ciśnienia bezwzględnego, w temperaturze 37,8°C. (Kodeks IGF, 2.2.18)

**2.2.23 Odbiornik gazu (Gas consumer)** oznacza każde urządzenie na statku wykorzystujące gaz jako paliwo. (Kodeks IGF, 2.2.19)

**2.2.24 Analiza dyspersji gazów (Gas dispersion analysis)** oznacza analizę zachowania dyspersyjnego gazów przy użyciu odpowiednich technik modelowania, takich jak analiza obliczeniowa dynamiki płynów (computational fluid dynamics – CFD). (MSC.1/Circ.1666, 2.2.4)

**2.2.25 Silnik zasilany wyłącznie gazem (Gas only engine)** oznacza silnik zdolny do pracy wyłącznie na gazie i niemający możliwości przełączenia na pracę na innym rodzaju paliwa. (Kodeks IGF, 2.2.20)

**2.2.26 Obszar niebezpieczny (Hazardous area)** oznacza obszar, w którym występuje lub można spodziewać się obecności gazowej atmosfery wybuchowej w ilościach wymagających specjalnych środków ostrożności przy konstrukcji, instalowaniu i eksploatacji urządzeń. (Kodeks IGF, 2.2.21)

**2.2.27 Wysokie ciśnienie (High pressure)** oznacza maksymalne ciśnienie robocze większe niż 1,0 MPa. (Kodeks IGF, 2.2.22)

**2.2.28 Zbiorniki niezależne (Independent tanks)** są to zbiorniki samonośne, które nie stanowią części kadłuba statku i nie są istotne dla wytrzymałości kadłuba. (Kodeks IGF, 2.2.23)

Zbiorniki niezależne dzielą się na następujące typy:

- .1 **Zbiornik niezależny typu A** – zbiornik zaprojektowany z zastosowaniem klasycznych procedur analizy konstrukcji statku, bez uwzględnienia kryteriów uniemożliwiających propagację pęknięć powierzchniowych, dla którego wymagana jest pełna bariera wtórna;
- .2 **Zbiornik niezależny typu B** – zbiornik zaprojektowany przy zastosowaniu badań modelowych, ulepszonych narzędzi analitycznych i metod analizy, w celu określenia poziomów naprężeń, trwałości zmęczeniowej i charakterystyk propagacji pęknięć, dla którego wymagana jest częściowa bariera wtórna;
- .3 **Zbiornik niezależny typu C** – zbiornik zaprojektowany w oparciu o kryteria dotyczące zbiorników ciśnieniowych zmodyfikowane tak, aby uwzględnić mechanikę pęknięcia i kryteria propagacji pęknięć, dla którego nie jest wymagana bariera wtórna.

**2.2.29 DGW (Lower Explosive Limit – LEL)** oznacza dolną granicę wybuchowości. (Kodeks IGF, 2.2.24)

**2.2.30 Długość statku (L) (Length)** jest długością statku zdefiniowaną w obowiązującej Międzynarodowej konwencji o liniach ładunkowych. (Kodeks IGF, 2.2.25)

**2.2.31 LNG (Liquified Natural Gas)** oznacza skroplony gaz ziemny. (Kodeks IGF, 2.2.26)

**2.2.32** *LPG (Liquified Petroleum Gas)* oznacza skroplony gaz ropopochodny. Składa się on głównie z mieszaniny propanu ( $C_3H_8$ ) i butanu ( $C_4H_{10}$ ) i może zawierać niewielkie ilości innych węglowodorów i zanieczyszczeń. W niniejszych *Tymczasowych wytycznych* gaz ropopochodny w stanie skroplonym lub gazowym jest określany jako LPG. Gdy konieczne jest rozróżnienie stanu skroplonego od stanu gazowego, to LPG w stanie skroplonym określany jest jako LPG ciekły, a LPG w stanie gazowym – jako gaz LPG. (MSC.1/Circ.1666, 2.2.1)

**2.2.33** *Granica załadunku (LL) (Loading limit)* oznacza maksymalną dopuszczalną objętość cieczy w stosunku do objętości zbiornika, do której zbiornik może zostać załadowany. (Kodeks IGF, 2.2.27)

**2.2.34** *Paliwo o niskiej temperaturze zapłonu (Low-flashpoint fuel)* oznacza paliwo gazowe lub ciekłe o temperaturze zapłonu niższej niż dozwolona zgodnie z punktem 2.1.1 Konwencji SOLAS, prawidło II-2/4. (Kodeks IGF, 2.2.28)

**2.2.35** *MARVS (Maximum allowable relief valve setting)* oznacza maksymalną dopuszczalną wartość nastawy ciśnienia zaworu nadmiarowego. (Kodeks IGF, 2.2.29)

**2.2.36** *MAWP (Maximum allowable working pressure)* oznacza maksymalne dopuszczalne ciśnienie robocze elementu systemu lub zbiornika. (Kodeks IGF, 2.2.30)

**2.2.37** *Zbiorniki membranowe (Membrane tanks)* są to zbiorniki niebędące konstrukcjami samonośnymi, które składają się z cienkiej, nieprzepuszczalnej dla cieczy i gazów powłoki (membrany), podpartej poprzez izolację przez sąsiadującą konstrukcję kadłuba. (Kodeks IGF, 2.2.31)

**2.2.38** *Silniki wielopaliwowe (Multi-fuel engines)* oznaczają silniki, które mogą wykorzystywać dwa lub więcej różnych rodzajów paliwa, które są od siebie oddzielone. (Kodeks IGF, 2.2.32)

**2.2.39** *Obszar bezpieczny (Non-hazardous area)* oznacza obszar, w którym nie przewiduje się obecności gazowej atmosfery wybuchowej w ilościach wymagających specjalnych środków ostrożności przy konstruowaniu, instalowaniu i użytkowaniu urządzeń. (Kodeks IGF, 2.2.33)

**2.2.40** *Pokład otwarty (Open deck)* oznacza pokład, na którym nie występuje znaczące zagrożenie pożarowe, który jest co najmniej otwarty z obu końców/ burt, lub jest otwarty z jednego końca i umożliwia odpowiednią wentylację naturalną skuteczną na całej długości pokładu przez stałe otwory rozmieszczone w poszyciu burtowym lub w przykrywającym pokładzie. (Kodeks IGF, 2.2.34)

**2.2.41** *Ryzyko (Risk)* jest to wyrażenie określające połączenie prawdopodobieństwa wystąpienia i dotkliwość jego skutków. (Kodeks IGF, 2.2.35)

**2.2.42** *Temperatura odniesienia (Reference temperature)* oznacza temperaturę odpowiadającą prężności par paliwa w zbiorniku paliwowym przy ciśnieniu nastawy zaworów nadmiarowych ciśnienia. (PRV). (Kodeks IGF, 2.2.36)

**2.2.43** *Bariera wtórna (Secondary barrier)* jest odpornym na działanie cieczy elementem zewnętrznym systemu magazynowania paliwa, zaprojektowanym w celu tymczasowego powstrzymania wszelkich przewidywanych wycieków paliwa ciekłego przez barierę pierwotną i zapobieżenia obniżeniu temperatury konstrukcji statku do niebezpiecznego poziomu. (Kodeks IGF, 2.2.37)

**2.2.44** *Przestrzeń półzamknięta (Semi-enclosed space)* oznacza przestrzeń, w której naturalne warunki wentylacji znacznie różnią się od tych na pokładzie otwartym, ze względu na obecność konstrukcji, takich jak zadaszenia, osłony przeciwwiatrowe i przegrody, a które są tak rozmieszczone, że nie może nastąpić rozproszenie gazu\*. (Kodeks IGF, 2.2.38)

\* Patrz również norma IEC 60092-502: 1999 *Instalacje elektryczne na statkach – Zbiornikowce – Cechy specjalne*.

**2.2.45** *Źródło wycieku (Source of release)* oznacza punkt lub miejsce, z którego gaz, para, mgła lub ciecz mogą być uwolnione do atmosfery, tak że może powstać atmosfera wybuchowa. (Kodeks IGF, 2.2.39)

**2.2.46** *Nieakceptowalna utrata mocy (Unacceptable loss of power)* oznacza, że nie jest możliwe utrzymanie lub przywrócenie normalnej pracy urządzeń napędowych statku w przypadku awarii jednego z podstawowych urządzeń pomocniczych, zgodnie z Konwencją SOLAS, правило II-1/26.3. (Kodeks IGF, 2.2.40)

**2.2.47** *Prężność par (Vapour pressure)* jest to ciśnienie równowagi pary nasyconej nad cieczą, wyrażone w jednostkach bezwzględnych MPa w określonej temperaturze. (Kodeks IGF, 2.2.41)

**2.2.48** *Analiza wentylacji (Ventilation analysis)* oznacza analizę skuteczności wentylacji pomieszczenia przy użyciu odpowiednich technik modelowania takich jak analiza obliczeniowa dynamiki płynów (CFD). (MSC.1/Circ.1666, 2.2.5)

**2.2.49** *Zawór nadmiarowy ciśnienia (PRV) (Pressure Relief Valve)* – oznacza zawór zapobiegający wzrostowi ciśnienia w zbiorniku paliwa gazowego powyżej dopuszczalnej wartości ciśnienia projektowej prężności par  $P_0$ .

**2.2.50** *Źródła zapłonu (Sources of ignition)* mogą obejmować:

- .1 elektryczne źródła zapłonu, takie jak elektryczność statyczna, wyładowania łukowe;
- .2 mechaniczne źródła zapłonu, takie jak wstrząsy lub tarcie, które mogą powodować powstawanie iskier lub gorących miejsc;
- .3 gorące powierzchnie silników i urządzeń, o temperaturze powyżej 500°C;
- .4 źródła zapłonu pochodzące od przewożonego ładunku, takiego jak samochody osobowe i ciężarowe na promach samochodowych,
- .5 źródła zapłonu wynikające z nieostrożności pasażerów.

## 2.3 Dokumentacja projektowa

Przed przystąpieniem do budowy/przebudowy statku zasilanego paliwem gazowym, do Centrali PRS należy przedłożyć do rozpatrzenia dokumentację techniczną w następującym zakresie, o ile ma zastosowanie:

- .1 Plan ogólny statku, wraz z pełną informacją o projekcie statku i jego przewidywanym profilu eksploatacyjnym, w tym układ rozplanowania statku, układ podstawowych urządzeń, informacje o planowanej zdolności eksploatacyjnej i funkcjonalności napędu głównego i układów pomocniczych, które będą wykorzystywać gaz jako paliwo.
- .2 Protokoły z wynikami badań oceny ryzyka przeprowadzonych zgodnie z uznaną normą. Ocena ryzyka powinna dokumentować identyfikację zagrożeń oraz sposoby, w jaki zostaną one wyeliminowane lub złagodzone z jasno określonym i odpowiednim poziomem bezpieczeństwa, niezawodności i klasyfikacji obszarów niebezpiecznych.
- .3 Plan klasyfikacji obszarów niebezpiecznych, z podziałem na strefy.

- .4 Wykaz urządzeń elektrycznych i mechanicznych znajdujących się w obszarach niebezpiecznych.
- .5 Plan zbiorników magazynowych i zbiorników ciśnieniowych paliwa gazowego wraz z układem napełniania i upustu, oraz ze szczegółami konstrukcji.
- .6 Rysunek zbiorników gazu wraz z włączami, rurami i wszelkimi otworami prowadzącymi do zbiornika.
- .7 Rysunek zamocowania i wsporników zbiornika paliwa gazowego, zawierający układ antyflotacyjny.
- .8 Obliczenia obciążeń projektowych dla zbiorników paliwa gazowego i podpór.
- .9 Kompletna analiza wytrzymałościowa zbiorników paliwa gazowego z uwzględnieniem interakcji zbiorników z kadłubem.
- .10 Analiza naprężeń termicznych dla planowanego systemu magazynowania skroplonego paliwa gazowego.
- .11 Rysunek bariery wtórnej zbiorników paliwa gazowego.
- .12 Rysunek wzmocnienia konstrukcji kadłuba statku.
- .13 Przejścia rurociągów paliwa gazowego przez grodzie gazoszczelne.
- .14 Plan badań nieniszczących zbiorników/rurociągów systemu paliwa gazowego.
- .15 Procedury badań nieniszczących.
- .16 Procedury badań wytrzymałościowych i szczelności zbiorników/systemu paliwa gazowego.
- .17 Procedura formowania wypukłych końcówek konstrukcji zbiorników paliwa gazowego.
- .18 Specyfikacja procedur odprężania zbiorników niezależnych typu C.
- .19 Plan izolacji zbiorników paliwa gazowego.
- .20 Tolerancje konstrukcyjne.
- .21 Plan systemu paliwa gazowego wraz ze szczegółami związanymi z rurociągami i niezbędnymi obliczeniami, w tym maksymalnym potencjałem wytwarzania gazu i związanymi z nim systemami do obsługi we wszystkich przewidywanych warunkach eksploatacji.
- .22 Plan stacji bunkrowania paliwa gazowego wraz ze szczegółami dotyczącymi środków bezpieczeństwa.
- .23 Rozmieszczenie zbiorników magazynowych paliwa gazowego, plany urządzeń technologicznych gazu oraz związanych z gazem urządzeń maszynowych (np. wymienniki ciepła, sprężarki itp.) wraz z ich usytuowaniem względem pomieszczeń mieszkalnych statku, rejonów o dużym zagrożeniu pożarowym, pomieszczeń służbowych i posterunków dowodzenia, zbiorników balastowych, oleju napędowego i innych zbiorników zawierających ciecze łatwopalne.
- .24 Schematy rurociągów i oprzyrządowania (P&ID) oraz schematy przebiegu procesu (PFD) ze szczegółami pokazującymi sprzęt zawierający gaz. Schematy powinny obejmować wszystkie rurociągi i wyposażenie od przyłącza stacji bunkrowania do silnika/silników.
- .25 Plan systemu obsługi odparowanego gazu.
- .26 Plan systemu rurociągów paliwa gazowego ze szczegółami dotyczącymi konstrukcji rurociągów, w tym zamocowań i izolacji, kanałów lub rur o podwójnych ścianach (przewody podwójne), zaworów i armatury, upustu ciśnienia, rozszerzalności oraz układów wentylacji i przedmuchu.
- .27 Analiza zmęczeniowa wszystkich układów rurociągów gazu pod ciśnieniem, poddanych wibracjom lub pulsacji ciśnieniom, jeżeli awaria rurociągu, jego połączenia lub innego elementu byłaby przyczyną utraty napędu głównego. Analiza ma na celu rozpoznanie ciśnień i zmiennych naprężeń, którym może podlegać system rurociągów podczas normalnej eksploatacji.

- .28 Analiza naprężeń rurociągów: należy przeprowadzić pełną analizę naprężeń dla każdego odgałęzienia systemu rurociągów (w tym zbiorników magazynowych, wyposażenia i systemów rurociągów) w przypadku rurociągów systemów paliwa gazowego wysokiego ciśnienia lub systemów rurociągów o temperaturze projektowej  $-110^{\circ}\text{C}$  lub niższej. W analizie należy wziąć pod uwagę wszystkie naprężenia wynikające z ciężaru rur, w tym obciążenia od przyspieszeń (jeśli są znaczące), ciśnienie wewnętrzne, rozszerzalność i kurczenie termiczne oraz obciążenia wywołane przez wygięcie i ugięcie statku na fali. Analizę naprężeń należy przeprowadzić zgodnie z uznanym standardem.
- .29 Plany systemu wentylacyjnego przedziałów maszynowych, osłon lub obudów urządzeń maszynowych wraz ze śluzami powietrznymi, wyciągami wentylacyjnymi, kanałami rurociągów i znajdującymi się w nich przepustnicami, urządzeniami zamykającymi oraz rozmieszczeniem elementów sterujących zatrzymujących wentylację. W stosownych przypadkach plany powinny wskazywać obszary niebezpieczne.
- .30 Plany osłon lub obudów urządzeń zasilanych paliwem gazowym oraz śluz powietrznych, jeżeli wymagany jest dostęp.
- .31 Opis rozwiązań w zakresie awaryjnego wyłączenia wraz z wykazem punktów sterowania, monitoringu i alarmowania.
- .32 Opis i plany systemów sterowania i monitorowania paliwa gazowego oraz urządzeń do przełączania rodzaju dostarczanego paliwa dla silników dwupaliwowych, w tym schematy liniowe obwodów sterowania oraz wykazy punktów monitorowania, kontroli i alarmowania.
- .33 Plany kontroli jakości w zakresie dostaw, projektowania, instalowania i testowania wszystkich elementów stosowanych w układzie zasilania paliwem gazowym instalowanym wraz z odbiornikiem gazu.
- .34 Raport z prób typu silnika spalinowego ze sterowaniem elektronicznym lub proponowany plan prób u producenta z działającym sterowaniem elektronicznym, w celu weryfikacji przydatności elektronicznego układu sterowania i prawidłowego działania podczas normalnej eksploatacji oraz zidentyfikowanych trybów awarii.
- .35 Programy prób i odbiorów producenta silników spalinowych przed próbami w morzu, w celu wykazania, że silniki zasilane gazem mogą pracować zgodnie z opisem w oświadczeniu projektowym, w tym wszelkie testy wymagane do potwierdzenia wniosków z analizy przyczyn i skutków awarii (FMEA) lub alternatywnej uznanej techniki analizy niezawodności systemu. Programy prób powinny identyfikować wszystkie tryby pracy, a próby morskie powinny obejmować typowe manewry portowe we wszystkich zamierzonych trybach pracy silnika lub układu napędowego.
- .36 Diagram przyczynowo-skutkowy wskazujący skutki aktywacji każdego odcięcia, wyłączenia i zamknięcia związanego z układem zasilania paliwem gazowym, w tym na pracę silnika i bunkrowanie.
- .37 Plany prób i przeglądów systemów magazynowania i zasilania gazem w porcie oraz w czasie prób morskich.
- .38 Podręczniki i instrukcje obsługi z opisem szczegółów montażu wraz z instrukcją użytkowania i obsługi technicznej. Dokumenty powinny zawierać procedury modyfikacji systemów sterowania. Instrukcje producentów urządzeń powinny zawierać rysunki i schematy niezbędne do rozruchu i oddania do eksploatacji, obsługi technicznej, przeglądów i kontroli poprawności działania, porady dotyczące napraw urządzeń i użycia odpowiednich części zamiennych i narzędzi serwisowych oraz praktyczne instrukcje bezpieczeństwa.
- .39 Plany instalacji bunkrowania paliwa gazowego oraz instrukcje użytkowania i obsługi technicznej.

- .40 Filozofia bezpieczeństwa dla zapobiegania eksplozji w skrzyni korbowej w silnikach dwupaliwowych (DFD) lub silnikach zasilanych wyłącznie gazem.
- .41 Plany stałego systemu wykrywania i alarmu wycieków gazu.
- .42 Plan rozmieszczenia instalacji wodno-hydrantowej chroniącej wszelkie przestrzenie w przestrzeniach magazynowych paliwa, systemie magazynowania paliwa, zbiornikach magazynowych gazu oraz szybach wentylacyjnych do takich przestrzeni, jeśli występują. Plan powinien pokazywać rozplanowanie i konstrukcję magistrali wodno-hydrantowej, w tym główne i awaryjne pompy pożarowe, zawory odcinające, średnice i materiały rurociągów, a także połączenia z innymi systemami.
- .43 Plan z rozmieszczeniem instalacji gaśniczych (np. zraszającej wodnej) chroniących każdą przestrzeń wchodzącą w skład przestrzeni magazynowej paliwa, systemu magazynowania paliwa, zbiorników magazynowych gazu oraz szyby wentylacyjne do tych przestrzeni, jeśli występują. Plan powinien zawierać szczegóły, w tym obliczenia ilości środków gaśniczych oraz proponowaną intensywność podawania.
- .44 Plan instalacji gaśniczej proszkowej do ochrony stacji bunkrowania. Plan powinien zawierać szczegóły rozplanowania instalacji, w tym obliczenia ilości czynnika gaśniczego oraz proponowaną intensywność podawania..
- .45 Plan konstrukcyjnej ochrony przeciwpożarowej przedstawiający główne strefy pożarowe, grodzie i pokłady oddzielające główne strefy pożarowe, w tym kategoryzację zagrożenia pożarowego pomieszczeń i klasy wszystkich przegród przeciwpożarowych; plan powinien również umożliwić identyfikację różnych typów pomieszczeń i ich przeznaczenie.
- .46 Plan przedstawiający szczegóły konstrukcji grodzi i pokładów przeciwpożarowych.

## 2.4 Certyfikaty i dokumenty zgodności

Urządzenia i komponenty instalacji pokładowych wykorzystujących paliwo gazowe powinny być dostarczane z odpowiednimi certyfikatami i/lub dokumentami zgodności. Przedstawione certyfikaty i dokumenty zgodności podlegają weryfikacji i akceptacji przez Administrację lub upoważnioną instytucję.

## 2.5 Dokumentacja eksploatacyjna

Na statku powinna znajdować się dokumentacja dotycząca bezpiecznego użytkowania oraz obsługi technicznej instalacji wykorzystujących paliwo gazowe, obejmująca:

- .1 *Kodeks IGF* lub krajowe przepisy uwzględniające postanowienia tego *Kodeksu*;
- .2 procedury obsługi technicznej oraz informacje dotyczące wszystkich systemów związanych z gazem;
- .3 procedury operacyjne, włącznie z odpowiednio szczegółową instrukcją postępowania z paliwem, tak aby przeszkolony personel mógł bezpiecznie obsługiwać systemy bunkrowania, magazynowania oraz przesyłania paliwa;
- .4 odpowiednie procedury awaryjne. (*Kodeks IGF*, 18.2)
- .5 dodatkowo dla LPG oraz wodoru (H<sub>2</sub>) właściwe aktualne Wytyczne IMO dotyczące bezpieczeństwa statków stosujących takie paliwo (patrz 1.3).

## 2.6 Procedury obsługi technicznej i napraw

**2.6.1** Procedury obsługi technicznej i napraw powinny uwzględniać kwestie dotyczące lokalizacji zbiornika paliwa gazowego i przyległych przestrzeni (patrz rozdział 5). (*Kodeks IGF*, 18.3.1)

**2.6.2** Przeglądy eksploatacyjne, obsługa techniczna i próby systemu magazynowania paliwa należy przeprowadzać zgodnie z planem inspekcji/przeglądów wymaganym w 6.4.1.8, który stanowi, jak poniżej:



„6.4.1.8 Należy opracować Plan inspekcji/przeglądów\* systemu magazynowania skroplonego paliwa gazowego, który powinien zostać zatwierdzony przez Administrację. Plan inspekcji/przeglądów powinien określać aspekty, które mają być poddane badaniu i/lub walidacji podczas przeglądów przez cały okres eksploatacji systemu magazynowania skroplonego paliwa gazowego, a w szczególności wszelkie niezbędne przeglądy eksploatacyjne, obsługę techniczną i próby, które przyjęto przy doborze parametrów projektowych systemu magazynowania skroplonego paliwa gazowego. Plan inspekcji/przeglądów może obejmować określone miejsca krytyczne zgodnie z 6.4.12.2.8 lub 6.4.12.2.9”. (Kodeks IGF, 18.3.2)

\* **Zalecenie IACS:**

1. *Przy opracowywaniu planu inspekcji/przeglądów, wymagania dotyczące przeglądów systemu magazynowania skroplonego paliwa gazowego powinny być zgodne z wymaganiami IACS UR Z16, Rev.4, Corr.1, sekcja 2.2, z wyjątkiem jak podano poniżej:*
  - 1.1. *Izolacja zbiornika i konstrukcje podtrzymujące zbiornik powinny zostać poddane oględzinom. Mogą być wymagane badania niszczące, jeśli warunki budzą wątpliwości co do integralności konstrukcji.*
  - 1.2. *Izolowane próżniowo niezależne zbiorniki magazynowe paliwa typu C bez otworów rewizyjnych nie muszą być badane wewnątrz. System monitorowania podciśnienia, jeśli jest zainstalowany, powinien zostać zbadany i powinny zostać zweryfikowane zapisy.*
2. *Dla statków, które nie muszą być zgodne z Kodeksem IGF, z poprawkami, mimo że nie jest wymagany plan inspekcji/przeglądów, przegląd systemu magazynowania skroplonego paliwa gazowego powinny być zgodny z punktem 1. (IACS REC. 148).*

**2.6.3** Procedury i informacje powinny obejmować obsługę techniczną urządzeń elektrycznych zainstalowanych w pomieszczeniach i obszarach zagrożonych wybuchem. Przeglądy i obsługa techniczna instalacji elektrycznych w pomieszczeniach zagrożonych wybuchem należy wykonywać zgodnie z uznaną normą\*. (Kodeks IGF, 18.3.3)

\* Patrz IEC 60079 17:2007 *Atmosfery wybuchowe – część 17: Kontrola i obsługa techniczna instalacji elektrycznych.*

## 2.7 Instrukcja postępowania z paliwem

**2.7.1** Instrukcja postępowania z paliwem wymagana w 2.5.3, powinna zawierać co najmniej informacje dotyczące:

- .1 ogólnej obsługi statku między dokowaniami, włącznie z procedurami schładzania i podgrzewania instalacji, bunkrowania oraz, tam gdzie ma to zastosowanie, rozładunku, pobierania próbek, zubożniania i odgazowywania;
- .2 systemów sterowania temperaturą i ciśnieniem bunkru, systemów alarmowych i bezpieczeństwa;
- .3 ograniczeń systemu, szybkości schładzania i maksymalnej temperatury zbiornika magazynowego paliwa przed bunkrowaniem, w tym minimalnej temperatury paliwa, maksymalnego ciśnienia w zbiorniku, szybkości przesyłu, granic napełnienia oraz ograniczenia falowania cieczy w zbiorniku (sloshing);
- .4 obsługi instalacji gazu obojętnego;
- .5 procedur gaśniczych i awaryjnych: użytkownika i obsługi technicznej instalacji gaśniczych oraz użycia środków gaśniczych;
- .6 specyficznych właściwości paliwa oraz wyposażenia specjalnego niezbędnego do bezpiecznego postępowania z danym paliwem;
- .7 użytkownika i obsługi technicznej stałego i przenośnego sprzętu do wykrywania wycieków gazu;
- .8 systemów wyłączania awaryjnego (ESD) i awaryjnego upustu, jeśli zostały zainstalowane;

- .9 działań proceduralnych podejmowanych w sytuacjach awaryjnych, takich jak wyciek, pożar lub potencjalne rozwarstwienie paliwa powodujące szybkie mieszanie się i odparowanie (rollover). (Kodeks IGF, 18.4.2.1)

**2.7.2** Schemat instalacji paliwa/rurociągów i oprzyrządowania (P&ID) powinien być na stałe wywieszony w pokładowej stacji sterowania bunkrowaniem oraz w stacji bunkrowania. (Kodeks IGF, 18.4.2.2)

## **2.8 Projekty alternatywne**

**2.8.1** Niniejsza *Publikacja (Kodeks)* zawiera wymagania funkcjonalne dla wszystkich urządzeń i rozwiązań związanych ze stosowaniem paliw gazowych o niskiej temperaturze zapłonu. (Kodeks IGF, 18.2.3.1)

**2.8.2** Projekty alternatywne dotyczące urządzeń i rozwiązań związanych ze stosowaniem paliwa gazowego o niskiej temperaturze zapłonu mogą odbiegać od tych określonych w niniejszej *Publikacji*, pod warunkiem że spełniają one zamierzony cel i wymagania funkcjonalne oraz zapewniają równoważny poziom bezpieczeństwa określony w odpowiednich rozdziałach. (Kodeks IGF, 18.2.3.2)

**2.8.3** Równoważność alternatywnego projektu powinna być wykazana zgodnie z prawidłem II-1/55 Konwencji SOLAS i zatwierdzona przez Administrację. Administracja nie powinna jednak zezwolić na stosowanie metod lub procedur operacyjnych jako alternatywy dla określonego wyposażenia, materiału, przyrządu, aparatury, elementu wyposażenia lub ich typu, które są określone w niniejszej *Publikacji (Kodeksie)*. (Kodeks IGF, 18.2.3.3)

## **2.9 Próby na statku**

**2.9.1** Próby urządzeń dostarczających gaz należy przeprowadzać zgodnie z programem prób uzgodnionym z Administracją. Zasadniczo, wymagania dotyczące prób powinny być co najmniej równoważne z wymaganiami dla urządzeń zasilanych paliwem olejowym.

**2.9.2** Podczas prób w morzu należy przeprowadzić próby działania silników napędu głównego podczas zasilania paliwem gazowym, a dla silników dwupaliwowych – próby działania silnika i jego układów sterowania podczas przejścia z trybu zasilania paliwem olejowym na tryb zasilania paliwem gazowym.

**2.9.3** Należy przeprowadzić próby działania wszystkich wskaźników, alarmów i funkcji systemów bezpieczeństwa związanych z instalacją zasilania paliwem gazowym, zgodnie z programem prób uzgodnionym z Administracją. Przy pierwszym załadunku paliwa gazowego należy przeprowadzić sprawdzenie alarmów wysokiego i wysokiego poziomu poprzez podniesienie poziomu cieczy w zbiorniku paliwa do punktu alarmowego.

### **3 CEL ORAZ WYMAGANIA FUNKCJONALNE (Kodeks IGF, 3)**

#### **3.1 Cel**

Celem niniejszej *Publikacji (Kodeksu)* jest określenie wymagań dotyczących bezpiecznego i przyjaznego dla środowiska projektowania, budowy i eksploatacji statków, a w szczególności instalowania ich systemów napędowych, urządzeń pomocniczych do wytwarzania energii i/lub innych urządzeń, wykorzystujących gaz o niskiej temperaturze zapłonu jako paliwo. (Kodeks IGF, 3.1)

#### **3.2 Wymagania funkcjonalne (Kodeks IGF, 3.2)**

**3.2.1** Bezpieczeństwo, pewność działania i niezawodność instalacji powinny być równoważne z tymi osiąganymi przy zastosowaniu nowych i porównywalnych konwencjonalnych urządzeń głównych i pomocniczych zasilanych paliwem olejowym. (Kodeks IGF, 3.2.1)

**3.2.2** Prawdopodobieństwo i konsekwencje zagrożeń związanych z paliwem powinny być ograniczone do minimum poprzez odpowiednie rozmieszczenie i zaprojektowanie instalacji, takich jak wentylacyjna, wykrywczwa i działania funkcji bezpieczeństwa. W przypadku wycieku gazu lub awarii środków ograniczających ryzyko, powinny zostać uruchomione niezbędne działania funkcji bezpieczeństwa. (Kodeks IGF, 3.2.2)

**3.2.3** Filozofia projektowania powinna zapewniać, że środki ograniczające ryzyko i działania funkcji bezpieczeństwa instalacji paliwa gazowego nie doprowadzą do nieakceptowalnej utraty mocy. (Kodeks IGF, 3.2.3)

**3.2.4** Obszary niebezpieczne powinny być ograniczone, tak dalece jak jest to praktycznie możliwe, aby zminimalizować potencjalne ryzyka, które mogłyby mieć wpływ na bezpieczeństwo statku, osób na pokładzie i wyposażenie. (Kodeks IGF, 3.2.4)

**3.2.5** Wyposażenie instalowane w obszarach niebezpiecznych powinno być ograniczone do niezbędnego minimum wymaganego do celów eksploatacyjnych statku oraz powinno być odpowiednio certyfikowane. (Kodeks IGF, 3.2.5)

**3.2.6** Należy zapobiegać niezamierzonemu gromadzeniu się wybuchowych, łatwopalnych lub toksycznych stężeń gazów. (Kodeks IGF, 3.2.6)

**3.2.7** Elementy instalacji powinny być chronione przed uszkodzeniami zewnętrznymi. (Kodeks IGF, 3.2.7)

**3.2.8** Źródła zapłonu w obszarach niebezpiecznych powinny być ograniczone do minimum, aby zminimalizować prawdopodobieństwo wybuchu. (Kodeks IGF, 3.2.8)

**3.2.9** Należy zapewnić bezpieczne i odpowiednie rozwiązania służące doprowadzeniu, przechowywaniu i bunkrowaniu paliwa, umożliwiające przyjmowanie i przechowywanie paliwa w wymaganym stanie bez wycieków. Z wyjątkiem przypadków, gdy jest to konieczne ze względów bezpieczeństwa, instalacja powinna być zaprojektowana tak, aby zapobiegać odpowietrzaniu we wszystkich normalnych warunkach pracy, w tym w okresach przestoju. (Kodeks IGF, 3.2.9)

**3.2.10** Należy zapewnić instalacje rurociągów, systemy magazynowania i upustu nadciśnienia, które są odpowiednio zaprojektowane, skonstruowane i zainstalowane do ich zamierzonego zastosowania. (Kodeks IGF, 3.2.10)

- 3.2.11** Urządzenia maszynowe, instalacje i ich komponenty powinny być projektowane, konstruowane, instalowane, obsługiwane, utrzymywane i zabezpieczone w celu zapewnienia bezpiecznego i niezawodnego działania. (Kodeks IGF, 3.2.11)
- 3.2.12** System magazynowania paliwa i przedziały maszynowe zawierające potencjalne źródło wycieku gazu do pomieszczenia, powinny być tak rozmieszczone i zlokalizowane, aby pożar lub wybuch w żadnym z nich nie doprowadził do nieakceptowalnej utraty mocy lub uniemożliwił działanie urządzeń w innych przedziałach statku. (Kodeks IGF, 3.2.12)
- 3.2.13** Dla zapewnienia bezpiecznego i niezawodnego działania należy przewidzieć odpowiednie systemy sterowania, alarmowania, monitorowania i wyłączania. (Kodeks IGF, 3.2.13)
- 3.2.14** Należy zapewnić stałe wykrywanie gazu odpowiednie dla wszystkich pomieszczeń i obszarów, do których ma to zastosowanie. (Kodeks IGF, 3.2.14)
- 3.2.15** Należy zapewnić środki do wykrywania, ochrony przed i gaszenia pożaru odpowiednie do istniejących zagrożeń. (Kodeks IGF, 3.2.15)
- 3.2.16** Rozruch, próby i obsługa techniczna instalacji paliwa i urządzeń maszynowych wykorzystujących gaz powinny spełniać zamierzony cel w zakresie bezpieczeństwa, dostępności i niezawodności. (Kodeks IGF, 3.2.16)
- 3.2.17** Dokumentacja techniczna powinna umożliwiać ocenę zgodności instalacji i jej elementów z mającymi zastosowanie przepisami, wytycznymi, zastosowanymi normami projektowymi oraz zasadami dotyczącymi bezpieczeństwa, dostępności, łatwości obsługi technicznej i niezawodności. (Kodeks IGF, 3.2.17)
- 3.2.18** Pojedyncza awaria systemu technicznego lub jego elementu nie może prowadzić do niebezpiecznej lub niepewnej sytuacji. (Kodeks IGF, 3.2.18)
-

## 4 WYMAGANIA OGÓLNE (Kodeks IGF, 4)

### Uwaga:

O ile wyraźnie nie postanowiono inaczej, wymagania (Kodeksu IGF Części A-1) Rozdziału 4 mają zastosowanie również do statków wykorzystujących LPG jako paliwo. (MSC.1/Circ.1666, 4.2.1)

### 4.1 Cel

Celem niniejszego rozdziału jest zapewnienie, że niezbędne oceny istniejących ryzyk zostaną przeprowadzone w celu wyeliminowania lub złagodzenia wszelkich niekorzystnych skutków dla osób na pokładzie, środowiska lub statku. (Kodeks IGF, 4.1)

### 4.2 Ocena ryzyka (Kodeks IGF, 4.2)

**4.2.1** Należy przeprowadzić ocenę ryzyka, aby zapewnić, że ryzyka wynikające ze stosowania paliw o niskiej temperaturze zapłonu, mające wpływ na osoby na pokładzie, środowisko, wytrzymałość konstrukcyjną lub integralność statku, zostały uwzględnione. Powinny zostać wzięte pod uwagę zagrożenia związane z fizycznym rozplanowaniem statku, użytkowaniem i obsługą techniczną po wystąpieniu każdej możliwej do przewidzenia awarii. (Kodeks IGF, 4.2.1)

**4.2.2** W przypadku statków stosujących LNG, ocenę ryzyka wymaganą w 4.2.1 należy przeprowadzić tylko wtedy, gdy jest to wyraźnie wymagane w punktach 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 i 15.8.1.10, a także w punktach 4.4 i 6.8 Załącznika do niniejszej *Publikacji*. (Kodeks IGF, 4.2.2).

W przypadku statków stosujących LPG **ocena ryzyka powinna również uwzględniać wymagania punktów 5.10.1, 6.3.4, 10.5.2, 13.4.2 i 15.2.2 niniejszej *Publikacji***. (MSC.1/Circ.1666, 4.2.2)

**4.2.3** Ryzyko powinno być analizowane przy użyciu akceptowanych i uznanych technik analizy ryzyka\*, a jako minimum należy wziąć pod uwagę utratę funkcji, uszkodzenie elementów systemów statku, pożar, wybuch i porażenie prądem elektrycznym. Analiza powinna zapewnić wyeliminowanie ryzyk, tam gdzie jest to możliwe. Ryzyka, których nie można wyeliminować, należy złagodzić, na ile to konieczne. Szczegóły dotyczące ryzyk i sposoby ich ograniczania powinny być udokumentowane zgodnie z wymogami Administracji. (Kodeks IGF, 4.2.3)

\* Patrz Załącznik 2: IACS REC. 146 *Ocena ryzyka wymagana przez Kodeks IGF*.

### 4.3 Ograniczenie skutków wybuchu

Wybuch w jakimkolwiek pomieszczeniu zawierającym potencjalne źródła wycieku<sup>1)</sup> i potencjalne źródła zapłonu nie mogą spowodować:

<sup>1)</sup> Przewody paliwowe o podwójnych ściankach nie są uważane za potencjalne źródła wycieku.

- .1 uszkodzenia lub zakłócenia prawidłowego działania wyposażenia/systemów znajdujących się w pomieszczeniu innym niż to, w którym nastąpił wypadek;
- .2 uszkodzenia statku w taki sposób, że nastąpi zalanie wodą poniżej pokładu głównego lub nastąpi postępujące zalewanie;
- .3 uszkodzenia miejsc roboczych lub pomieszczeń mieszkalnych w taki sposób, że osoby przebywające w takich miejscach w normalnych warunkach eksploatacyjnych doznają obrażeń;
- .4 zakłócenia prawidłowego funkcjonowania posterunków dowodzenia i pomieszczeń z rozdzielnicami elektrycznymi niezbędnymi do rozdziału energii;
- .5 uszkodzenia środków ratunkowych lub związanych z nimi urządzeń do ich wodowania;

- .6 zakłócenia poprawnego działania sprzętu gaśniczego znajdującego się na zewnątrz pomieszczeń zniszczonych przez wybuch;
  - .7 oddziaływania na inne rejony statku w taki sposób, że mogą wystąpić reakcje łańcuchowe obejmujące między innymi ładunek, gazowe i olejowe paliwo bunkrowe; lub
  - .8 uniemożliwienia osobom dostępu do środków ratunkowych lub utrudnienia dostępu do dróg ewakuacji.
-

## 5 PROJEKT I ROZPLANOWANIE STATKU (Kodeks IGF, 5)

### Uwaga:

O ile wyraźnie nie postanowiono inaczej, wymagania (Kodeksu IGF Części A-1) Rozdziału 5 mają zastosowanie również do statków wykorzystujących LPG jako paliwo. (MSC.1/Circ.1666, 5.3.1)

### 5.1 Cel

Celem niniejszego rozdziału jest uwzględnienie bezpiecznej lokalizacji, rozplanowania pomieszczeń i mechanicznej ochrony urządzeń wytwarzających energię, systemów magazynowania paliwa, urządzeń doprowadzających paliwo i systemów bunkrowania. (Kodeks IGF, 5.1)

### 5.2 Wymagania funkcjonalne (Kodeks IGF, 5.2)

**5.2.1** Rozdział niniejszy powiązany jest z wymaganiami funkcjonalnymi podanymi w 3.2.1 do 3.2.3, 3.2.5, 3.2.6, 3.2.8, 3.2.12 do 3.2.15 i 3.2.17. W szczególności obowiązują następujące wymagania:

- 1** zbiorniki paliwa powinny być umieszczone w taki sposób, aby prawdopodobieństwo uszkodzenia zbiornika w wyniku kolizji lub wejścia statku na mieliznę zostało ograniczone do minimum, mając na uwadze bezpieczną eksploatację statku i inne zagrożenia, które mogą mieć znaczenie dla statku;
- 2** systemy magazynowania paliwa, rurociągi paliwowe i inne źródła wycieku gazu powinny być tak usytuowane i rozmieszczone, aby uwolniony gaz był odprowadzany w bezpieczne miejsce na otwartej przestrzeni.

W przypadku LPG, mając na uwadze że ten gaz jest cięższy od powietrza, **miejsca uwolnienia gazu należy określić z uwzględnieniem aranżacji otoczenia, tak aby zminimalizować możliwość gromadzenia się uwolnionego gazu na otwartej przestrzeni i ułatwić jego rozproszenie do atmosfery;** (MSC.1/Circ.1666, 5.2.2)

- 3** wejścia lub inne otwory dostępu do pomieszczeń, w których znajdują się źródła wycieku paliwa, powinny być tak rozmieszczone, aby łatwopalny, duszący lub toksyczny gaz nie mógł przedostawać się do pomieszczeń, które nie są przeznaczone do obecności takich gazów.

W przypadku LPG należy uwzględnić **ciężar właściwy i charakterystyki dyspersji tego gazu;** (MSC.1/Circ.1666, 5.2.3)

- 4** rurociągi paliwa gazowego powinny być zabezpieczone przed uszkodzeniami mechanicznymi;
- 5** układ napędowy i system zasilania paliwem gazowym statku powinny być tak zaprojektowane, aby działania funkcji bezpieczeństwa po jakimkolwiek wycieku gazu nie prowadziły do nieakceptowalnej utraty mocy; oraz
- 6** prawdopodobieństwo wybuchu gazu w przedziale maszynowym z urządzeniami zasilanymi gazem lub innym paliwem o niskiej temperaturze zapłonu powinno być ograniczone do minimum. (Kodeks IGF, 5.2.1)

### 5.3 Wymagania ogólne (Kodeks IGF, 5.3)

**5.3.1** Zbiorniki magazynowe paliwa powinny być zabezpieczone przed uszkodzeniami mechanicznymi. (Kodeks IGF, 5.3.1)

**5.3.2** Zbiorniki magazynowe paliwa i /lub urządzenia znajdujące się na pokładzie otwartym powinny być tak usytuowane, aby zapewniona była wystarczająca wentylacja naturalna, zapobiegająca gromadzeniu się uciążliwego się gazu. (Kodeks IGF, 5.3.2)

### 5.3.3 Zbiorniki paliwa gazowego powinny być chronione przed uszkodzeniami zewnętrznymi spowodowanymi kolizją lub wejściem statku na mieliznę w następujący sposób:

- .1 Zbiorniki paliwa powinny być umieszczane w odległości co najmniej  $B/5$  lub 11,5 m, w zależności od tego, która z tych wartości jest mniejsza, mierzonej do wewnątrz od burty statku pod kątem prostym do osi symetrii statku na poziomie zanurzenia odpowiadającym letniej wodnicy ładunkowej;

gdzie:

$B$  jest największą szerokością konstrukcyjną statku przy lub poniżej największego zanurzenia (zanurzenie do letniej wodnicy ładunkowej) (patrz правило II-1/2.8 Konwencji SOLAS).

- .2 Jako granice każdego zbiornika paliwa należy przyjąć skrajne zewnętrzne wzdłużne, poprzeczne i pionowe granice konstrukcji zbiornika, łącznie z zaworami zbiornika.
- .3 W przypadku zbiorników niezależnych odległość ochronną należy mierzyć do poszycia zbiornika (bariera pierwotna systemu ochrony zbiornika). W przypadku zbiorników membranowych odległość należy mierzyć do ścian otaczających izolację zbiornika.
- .4 W żadnym przypadku granica zbiornika paliwa nie może znajdować się bliżej poszycia burty statku lub jego rufowego krańca niż podano niżej:

- .1 Dla 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, 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 Dla statków towarowych:

- .1 dla  $V_c$  mniejszej lub równej 1.000 m<sup>3</sup>, 0,8 m;
- .2 dla 1.000 m<sup>3</sup> <  $V_c$  < 5.000 m<sup>3</sup>,  $0,75 + V_c \times 0,2/4.000$  m;
- .3 dla 5.000 m<sup>3</sup> ≤  $V_c$  < 30.000 m<sup>3</sup>,  $0,8 + V_c / 25.000$  m; oraz
- .4 dla  $V_c$  ≥ 30.000 m<sup>3</sup>, 2 m,

gdzie:

$V_c$  odpowiada 100% projektowej objętości brutto pojedynczego zbiornika paliwa w temperaturze 20°C, łącznie z kopolami i wystającymi elementami.

- .5 Najniżej położona granica zbiornika paliwa gazowego powinna znajdować się powyżej minimalnej odległości  $B/15$  lub 2,0 m, przyjmując wartość mniejszą, mierzonej od konstrukcyjnej linii poszycia dna w płaszczyźnie symetrii statku.
- .6 W przypadku statków wielokadłubowych wartość  $B$  może podlegać specjalnemu rozpatrzeniu.
- .7 Zbiorniki paliwa 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 zdefiniowaną w *Międzynarodowej konwencji o liniach ładunkowych* (patrz Konwencja SOLAS, praw. II-1/2.5).

- .8 W przypadku statków o konstrukcji kadłuba zapewniającej większą odporność na zderzenia i/lub wejście na mieliznę, wymagania dotyczące umieszczenia zbiorników paliwa mogą podlegać specjalnemu rozpatrzeniu, zgodnie z rozdziałem 2.3. (Kodeks IGF, 5.3.3)



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

- .1 wartość  $f_{CN}$ , obliczona jak opisano poniżej, powinna być mniejsza niż 0,02 dla statków pasażerskich i 0,04 dla statków towarowych\*.

\* Wartość  $f_{CN}$  uwzględnia uszkodzenia po kolizji statku, które mogą wystąpić w strefie ograniczonej jedynie wzdłużnymi rzutowanymi granicami zbiornika i nie może być brana pod uwagę ani stosowana jako prawdopodobieństwo uszkodzenia zbiornika paliwa w wyniku kolizji. Rzeczywiste prawdopodobieństwo będzie większe, jeśli weźmie się pod uwagę dłuższe uszkodzenia, które obejmują strefy przed i za zbiornikiem paliwa.

- .2 Wartość  $f_{CN}$  obliczana jest wg następującego wzoru:

$$f_{CN} = f_l \times f_t \times f_v$$

gdzie:

$f_l$  oblicza się, stosując wzory na współczynnik  $p$  zawarte w Konwencji SOLAS, praw. II-1/7-1.1.1.1. Wartość  $\times 1$  powinna odpowiadać odległości od rufowego krańca statku do najbardziej wysuniętej ku rufie granicy zbiornika paliwa, a wartość  $\times 2$  powinna odpowiadać odległości od rufowego krańca statku do najbardziej wysuniętej ku dziobowi granicy zbiornika paliwa.

$f_t$  obliczane jest przy użyciu wzorów na współczynnik  $r$  zawartych w Konwencji SOLAS, praw. II-1/7-1.1.2 i odzwierciedla prawdopodobieństwo przejścia uszkodzenia przez zewnętrzną granicę zbiornika paliwa gazowego. Wzór ma następującą postać:

$$f_t = 1 - r (\times 1, \times 2, b) *$$

\* Jeżeli najbardziej wysunięta na zewnątrz granica zbiornika paliwa gazowego znajduje się poza granicą wyznaczoną przez najgłębszą wodnicę podziałową, to wartość  $b$  należy przyjąć jako 0.

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

$$f_v = 1,0 - 0,8 \cdot ((H - d) / 7,0),$$

jeśli  $(H - d)$  jest mniejsze lub równe 7,8 m, to  $f_v$  nie powinno być przyjmowane jako większe niż 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 niż 0.

gdzie:

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

$d$  oznacza największe zanurzenie statku (zanurzenie do letniej wodnicy ładunkowej).

- .3 Należy przyjmować, że granicami każdego zbiornika paliwa są skrajne zewnętrzne wzdłużne, poprzeczne i pionowe granice konstrukcji zbiornika, łącznie z jego zaworami.
- .4 W przypadku zbiorników niezależnych, odległość ochronna powinna być mierzona do poszycia zbiornika (bariera pierwotna systemu ochrony zbiornika). W przypadku zbiorników membranowych odległość ta powinna być mierzona do ścian otaczających izolację zbiornika.

- .5 W żadnym przypadku granica zbiornika paliwa nie może znajdować się bliżej poszycia burty statku lub jego rufowego krańca niż jak podano poniżej:
- .1 Dla statków pasażerskich:  $B/10$ , ale w żadnym przypadku nie mniej niż 0,8 m. Odległość ta 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 Dla statków towarowych:
    - .1 dla  $V_c$  o wartości mniejszej lub równej  $1.000 \text{ m}^3$ , 0,8 m;
    - .2 dla  $1.000 \text{ m}^3 < V_c < 5.000 \text{ m}^3$ ,  $0,75 + V_c \times 0,2/4.000 \text{ m}$ ;
    - .3 dla  $5.000 \text{ m}^3 \leq V_c < 30.000 \text{ m}^3$ ,  $0,8 + V_c / 25.000 \text{ m}$ ; oraz
    - .4 dla  $V_c \geq 30.000 \text{ m}^3$ , 2 m,gdzie:  
 $V_c$  odpowiada 100% projektowej objętości brutto pojedynczego zbiornika paliwa w temperaturze  $20^\circ\text{C}$ , włącznie z kopolami i wystającymi elementami.
- .6 W przypadku, gdy na statku w kierunku wzdłużnym znajduje się więcej niż jeden niezachodzący na siebie zbiornik paliwa,  $f_{CN}$  powinno być obliczane zgodnie z 5.3.4.2, dla każdego zbiornika paliwa oddzielnie. Wartość zastosowana do kompletnego rozmieszczenia zbiorników paliwa jest sumą wszystkich wartości  $f_{CN}$  uzyskanych dla każdego oddzielnego zbiornika.
- .7 W przypadku, gdy układ zbiorników paliwa gazowego jest niesymetryczny względem płaszczyzny symetrii statku, obliczenia  $f_{CN}$  należy przeprowadzać zarówno dla burty prawej, jak i lewej, a do oceny należy przyjąć wartość średnią. Minimalna odległość określona w 5.3.4.5 powinna być zachowana po obu burtach.
- .8 W przypadku statków o konstrukcji kadłuba zapewniającej większą odporność na zderzenia i/lub wejście na mieliznę, wymagania dotyczące umieszczenia zbiorników paliwa mogą być specjalnie rozpatrzone zgodnie z rozdziałem 2.3. (Kodeks IGF, 5.3.4)

**5.3.5** Jeżeli paliwo przewożone jest w systemie magazynowania paliwa wymagającym pełnej lub częściowej bariery wtórnej, to:

- .1 przestrzenie magazynowe paliwa powinny być oddzielone od morza dnem podwójnym; oraz
- .2 statek powinien posiadać również gródź wzdłużną tworzącą zbiorniki burtowe. (Kodeks IGF, 5.3.5)

#### **5.4 Koncepcje przedziału maszynowego** (Kodeks IGF, 5.4)

**5.4.1** W celu zminimalizowania prawdopodobieństwa wybuchu gazu w przedziale maszynowym z silnikami zasilanymi gazem, można zastosować jedną z dwóch wymienionych poniżej alternatywnych koncepcji:

- .1 *Przedziały maszynowe gazobezpieczne*: rozwiązania w przedziałach maszynowych są takie, że przedziały te są uważane za gazobezpieczne we wszystkich warunkach zarówno normalnych, jak i anormalnych, tj. są z natury gazobezpieczne.

W przedziale maszynowym gazobezpiecznym pojedyncza awaria nie może doprowadzić do uwolnienia paliwa gazowego do przedziału maszynowego.

- .2 *Przedziały maszynowe chronione systemem ESD*: rozwiązania w przedziałach maszynowych są takie, że w normalnych warunkach przedziały te są uważane za bezpieczne, ale w pewnych warunkach anormalnych mogą potencjalnie stać się niebezpieczne. W przypadku wystąpienia warunków anormalnych związanych z zagrożeniem gazowym,

wyłączenie awaryjne (ESD) urządzeń niebezpiecznych (źródeł zapłonu) oraz urządzeń maszynowych uruchamiane jest automatycznie, a wyposażenie lub urządzenia maszynowe działające lub aktywne w takich warunkach powinny być certyfikowane jako typu bezpiecznego.

W przedziale maszynowym chronionym systemem ESD pojedyncza awaria może spowodować wyciek gazu do pomieszczenia. Usuwanie gazu powinno być zaprojektowane w taki sposób, aby uwzględnić prawdopodobny scenariusz maksymalnego wycieku gazu z powodu awarii technicznych.

Awaryjne prowadzące do powstania niebezpiecznych stężeń gazu, np. pęknięcie rurociągu gazowego lub wydmuch uszczelek, są uwzględnione przez zastosowanie urządzeń upuszczających ciśnienie wybuchu i systemów ESD. (Kodeks IGF, 5.4.1)

#### **Interpretacja IACS oraz IMO:**

*Silniki wykorzystujące paliwo gazowe zmieszane z powietrzem przed turbosprężarką powinny być umieszczane w przedziałach maszynowych chronionych systemem ESD. (IACS UI GF5, MSC.1/Circ.1558)*

**5.4.2** W przypadku LPG, **pojedyncza awaria systemów paliwa nie może prowadzić do wycieku gazu do przedziału maszynowego, tzn. że może zostać zaakceptowana wyłącznie koncepcja przedziału maszynowego gazobezpiecznego.** (MSC.1/Circ.1666, 5.3.2)

### **5.5 Wymagania dotyczące przedziałów maszynowych gazobezpiecznych** (Kodeks IGF, 5.5)

**5.5.1** Pojedyncze uszkodzenie w systemie paliwowym nie może prowadzić do wycieku gazu do przedziału maszynowego. (Kodeks IGF, 5.5.1)

**5.5.2** Wszystkie rurociągi paliwa gazowego w obrębie granic przedziału maszynowego powinny być obudowane gazoszczelną obudową, zgodnie z 9.6. (Kodeks IGF, 5.5.2)

### **5.6 Wymagania dotyczące przedziałów maszynowych chronionych systemem ESD** (Kodeks IGF, 5.6)

**5.6.1** Ochrona przez system ESD powinna być ograniczona do przedziałów maszynowych, które są certyfikowane jako okresowo bezwachtowe. (Kodeks IGF, 5.6.1)

**5.6.2** Należy zastosować środki w celu ochrony przed wybuchem, uszkodzeniem obszarów poza przedziałem maszynowym i zapewnić redundancję zasilania energią. Należy przewidzieć co najmniej następujące rozwiązania: (Kodeks IGF, 5.6.2)

- .1 detektory gazu;
- .2 zawory odcinające;
- .3 redundancja; oraz
- .4 skuteczna wentylacja. (Kodeks IGF, 5.6.2)

**5.6.3** Rurociągi zasilania gazem w obrębie przedziałów maszynowych mogą być zaakceptowane bez gazoszczelnej obudowy zewnętrznej, po spełnieniu następujących warunków:

- .1 silniki do napędu statku i wytwarzania energii elektrycznej powinny być umieszczone w dwóch lub więcej przedziałach maszynowych niemających żadnych wspólnych ścian, chyba że można udokumentować, że pojedyncze uszkodzenie nie będzie miało wpływu na oba przedziały;
- .2 przedział maszynowy z paliwem gazowym powinien zawierać tylko minimum niezbędnego wyposażenia, komponentów i systemów, które są wymagane w celu zapewnienia, że

urządzenia zasilane gazem zachowają swoje funkcje;

- .3 należy zainstalować stały system wykrywania gazu automatycznie odcinający dopływ gazu i odłączający wszystkie urządzenia lub instalacje elektryczne, które nie są certyfikowane jako typu bezpiecznego. (Kodeks IGF, 5.6.3)

**5.6.4** Rozmieszczenie silników między różnymi przedziałami maszynowymi powinno być takie, że odcięcie dopływu paliwa do dowolnego z przedziałów maszynowych nie doprowadzi do nieakceptowalnej utraty mocy. (Kodeks IGF, 5.6.4)

**5.6.5** Przedziały maszynowe chronione systemem ESD oddzielone pojedynczą przegrodą powinny mieć wystarczającą wytrzymałość, aby wytrzymać działanie lokalnego wybuchu gazu w jednym przedziale, bez naruszania integralności sąsiedniego przedziału i urządzeń w obrębie tego przedziału. (Kodeks IGF, 5.6.5)

**5.6.6** Przedziały maszynowe chronione systemem ESD powinny być tak zaprojektowane, aby zapewnić kształt geometryczny, który zminimalizuje gromadzenie się gazów lub tworzenie kieszeni gazowych. (Kodeks IGF, 5.6.6)

**5.6.7** System wentylacyjny przedziałów maszynowych chronionych systemem ESD powinien być zaprojektowany zgodnie z 13.5. (Kodeks IGF, 5.6.7)

**5.6.8** Wymagania niniejszego podrozdziału 5.6 nie mają zastosowania do statków stosujących LPG jako paliwo gazowe. Jednak koncepcja przedziału maszynowego chronionego systemem ESD może być dopuszczona dla LPG, pod warunkiem spełnienia wymagań dla projektu alternatywnego (SOLAS II-1/55) zgodnie z wymaganiami Administracji. (MSC.1/Circ.1666, 5.3.3)

## **5.7 Lokalizacja i ochrona rurociągów paliwa (Kodeks IGF, 5.7)**

**5.7.1** Przewody paliwa nie mogą znajdować się w odległości mniejszej niż 800 mm od burty statku. (Kodeks IGF, 5.7.1)

**5.7.2** Rurociągi paliwowe nie mogą być prowadzone bezpośrednio przez pomieszczenia mieszkalne, służbowe, pomieszczenia z wyposażeniem elektrycznym lub posterunki dowodzenia, zdefiniowane w Konwencji SOLAS. (Kodeks IGF, 5.7.2)

**5.7.3** Przewody paliwa prowadzone przez pomieszczenia ro-ro, pomieszczenia kategorii specjalnej i na pokładach otwartych powinny być zabezpieczone przed uszkodzeniami mechanicznymi. (Kodeks IGF, 5.7.3)

**5.7.4** Rurociągi paliwa gazowego w przedziałach maszynowych chronionych systemem ESD powinny znajdować się możliwie daleko od instalacji elektrycznych i zbiorników zawierających łatwopalne ciecze. (Kodeks IGF, 5.7.4)

**5.7.5** Rurociągi paliwa gazowego w przedziałach maszynowych chronionych systemem ESD powinny być zabezpieczone przed uszkodzeniami mechanicznymi. (Kodeks IGF, 5.7.5)

**5.7.6** W przypadku LPG, podwójna bariera wokół systemów rurociągów paliwa powinna być ciągła i nie może mieć otworów w przedziałach maszynowych. (patrz 5.5). (MSC.1/Circ.1666, 5.3.4)

## **5.8 Pomieszczenia przygotowania paliwa**

Pomieszczenia przygotowania paliwa powinny być umieszczane na pokładzie otwartym, chyba że pomieszczenia te są zaprojektowane i wyposażone zgodnie z wymaganiami podanymi w niniejszej *Publikacji* (Kodeksie) dla przestrzeni przyłączeniowych zbiorników. (Kodeks IGF, 5.8)

### **Interpretacja IACS oraz IMO:**

*Interpretacje dotyczące ochrony przed wyciekami kriogenicznym i kontrola strefniebezpiecznych w pomieszczeniach przygotowania paliwa na pokładzie otwartym:*

- 1. Pomieszczenia przygotowania paliwa, niezależnie od lokalizacji, powinny być tak zaprojektowane, aby bezpiecznie powstrzymać wycieki kriogeniczne.*
- 2. Temperatura projektowa materiału ścianek pomieszczenia przygotowania paliwa powinna odpowiadać najniższej temperaturze, na jaką może być on narażony w scenariuszu prawdopodobnego maksymalnego wycieku, chyba że granice pomieszczenia, tj. ściany i pokłady wyposażone są w odpowiednią ochronę termiczną.*
- 3. Pomieszczenie przygotowania paliwa powinno być tak zaprojektowane, aby chronić otaczającą konstrukcję kadłuba przed niedopuszczalnym schłodzeniem w przypadku wycieku cieczy kriogenicznych.*
- 4. Pomieszczenie przygotowania paliwa powinno być tak zaprojektowane, aby wytrzymać maksymalne ciśnienie powstające podczas takiego wycieku. Alternatywnie można przewidzieć odprowadzenie upustu ciśnienia do bezpiecznego miejsca (masztu). (IACS UI GF6, MSC.1/Circ.1558)*

## **5.9 Instalacje zęzowe (Kodeks IGF, 5.9)**

**5.9.1** Instalacje zęzowe montowane w obszarach, gdzie może być obecne paliwo będące przedmiotem niniejszej *Publikacji (Kodeksu)*, powinny być oddzielone od instalacji zęzowej pomieszczeń, w których paliwo nie może być obecne. (Kodeks IGF, 5.9.1)

**5.9.2** Jeżeli paliwo znajduje się w systemie magazynowania paliwa wymagającym bariery wtórnej, to wówczas należy przewidzieć odpowiednie układy drenażowe odprowadzające przecieki z przestrzeni ładunkowej lub przestrzeni izolacji przez sąsiednią konstrukcję statku. Rurociągi zęzowe nie mogą prowadzić do pomp znajdujących się w pomieszczeniach bezpiecznych. Należy zapewnić środki do wykrywania takich wycieków. (Kodeks IGF, 5.9.2)

**5.9.3** Przestrzenie magazynowe lub przestrzenie międzybarierowe niezależnych zbiorników gazu ciekłego typu A powinny być wyposażone w system drenażowy odpowiedni do obsługi ciekłego paliwa w przypadku wycieku lub pęknięcia zbiornika paliwa. (Kodeks IGF, 5.9.3)

**5.9.4** W przypadku LPG, instalacje zęzowe w obszarze niebezpiecznym powinny być także zaprojektowane jako oddzielne dla każdego pomieszczenia i odprowadzane za burtę lub do zamkniętego zbiornika wyposażonego w detektor gazu. Jeżeli rurociągi zęzowe dwóch lub więcej obszarów niebezpiecznych są połączone ze sobą, to należy zapewnić środki zapobiegające przedostawaniu się gazu z jednego obszaru do innych obszarów przez połączone rurociągi zęzowe. (MSC.1/Circ.1666, 5.3.5)

## **5.10 Wanienki ściekowe (Kodeks IGF, 5.10)**

**5.10.1** Wanienki ściekowe powinny być zamontowane w miejscach, gdzie może dojść do wycieku mogącego spowodować uszkodzenie konstrukcji statku lub gdy konieczne jest ograniczenie obszaru, na który ma wpływ wyciek. (Kodeks IGF, 5.10.1)

W przypadku LPG, wanienki ściekowe zidentyfikowane w ocenie ryzyka zgodnie z 4.2 powinny być wyposażone w środki do wykrywania wycieków i odcięcia paliwa, w razie potrzeby. (MSC.1/Circ.1666, 5.3.6)

**5.10.2** Wanienki ściekowe powinny być wykonane z odpowiedniego materiału. (Kodeks IGF, 5.10.2)

**5.10.3** Wanienka ściekowa powinna być odizolowana termicznie od konstrukcji statku, tak aby otaczające ją konstrukcje kadłuba lub pokładu nie były narażone na niedopuszczalne wychłodzenie, w przypadku wycieku ciekłego paliwa. (Kodeks IGF, 5.10.3)

Powyższe **nie ma zastosowania do statków wykorzystujących LPG jako paliwo.** (MSC.1/Circ.1666, 5.3.6)

**5.10.4** Każda wanienska powinna być wyposażona w zawór spustowy, umożliwiający odprowadzenie wód opadowych za burtę statku. (Kodeks IGF, 5.10.4)

**5.10.5** Każda wanienska powinna mieć wystarczającą pojemność, aby pomieścić maksymalną ilość wycieku zgodnie z oceną ryzyka. (Kodeks IGF, 5.10.5)

**5.11 Rozmieszczenie wejść i innych otworów w przestrzeniach zamkniętych** (Kodeks IGF, 5.11)

**5.11.1** Bezpośredni dostęp z obszaru bezpiecznego do obszaru niebezpiecznego nie jest dozwolony. Jeżeli takie otwory są niezbędne ze względów eksploatacyjnych, to należy przewidzieć służę powietrzną, zgodną z 5.12. (Kodeks IGF, 5.11.1)

**5.11.2** Jeśli pomieszczenie przygotowania paliwa gazowego zostało zatwierdzone jako usytuowane pod pokładem, to pomieszczenie to powinno mieć, o ile jest to możliwe, niezależne wejście bezpośrednio z pokładu otwartego. Tam, gdzie oddzielne wejście z pokładu jest niemożliwe do wykonania, to należy przewidzieć służę powietrzną, zgodną z 5.12. (Kodeks IGF, 5.11.2)

**5.11.3** O ile dostęp do przestrzeni połączeniowej zbiornika nie jest niezależny i bezpośredni z pokładu otwartego, to powinien on mieć postać włazu przykręcanego śrubami. Przestrzeń z przykręcanym włazem powinna być traktowana jako pomieszczenie niebezpieczne. (Kodeks IGF, 5.11.3)

**5.11.4** Jeżeli dostęp do przedziału maszynowego chronionego systemem ESD jest z innego pomieszczenia zamkniętego statku, to wejścia powinny być wyposażone w służę powietrzną, spełniające wymagania 5.12. (Kodeks IGF, 5.11.4)

**5.11.5** Dla przestrzeni zubożnianych dostęp powinien być tak rozwiązany, aby uniemożliwić niezamierzone wejście personelu do takich przestrzeni. Jeśli dostęp do tych przestrzeni nie prowadzi z pokładu otwartego, to uszczelnienia powinny zapobiec wyciekom gazu obojętnego do sąsiednich pomieszczeń. (Kodeks IGF, 5.11.5)

**5.12 Śłużę powietrzne** (Kodeks IGF, 5.12)

**5.12.1** Śłużę powietrzna jest to pomieszczenie otoczone przegrodami gazoszczelnymi z dwójgim w zasadzie gazoszczelnymi drzwiami, oddalonych od siebie o co najmniej 1,5 m i nie więcej niż 2,5 m. Jeżeli nie podlega wymaganiom *Międzynarodowej konwencji o liniach ładunkowych*, wysokość progu drzwi nie powinna być mniejsza niż 300 mm. Drzwi powinny być samozamykające się, bez żadnych urządzeń przytrzymujących je w pozycji otwartej. (Kodeks IGF, 5.12.1)

**5.12.2** Śłużę powietrzne powinny być wentylowane mechanicznie przy utrzymaniu w nich nadciśnienia względem przyległego obszaru lub pomieszczenia niebezpiecznego. (Kodeks IGF, 5.12.2)

**5.12.3** Śłużę powietrzna powinna być zaprojektowana w taki sposób, aby gaz nie mógł przedostać się do pomieszczeń bezpiecznych w przypadku najbardziej krytycznego zdarzenia w pomieszczeniu niebezpiecznym, oddzielnym służę. Zdarzenia powinny być ocenione podczas analizy ryzyka, zgodnie z 4.2. (Kodeks IGF, 5.12.3)

**5.12.4** Śluzy powietrzne powinny mieć prosty kształt geometryczny. Powinny zapewniać swobodne i łatwe przejście oraz mieć powierzchnię podłogi nie mniejszą niż 1,5 m<sup>2</sup>. Śluzy powietrzne nie mogą być wykorzystywane do innych celów, na przykład jako magazyny. (Kodeks IGF, 5.12.4)

**5.12.5** Należy zapewnić dźwiękowy i wizualny system alarmowy, ostrzegający po obu stronach śluzy, jeżeli więcej niż jedne drzwi nie będą w pozycji zamkniętej. (Kodeks IGF, 5.12.5)

**5.12.6** Dla pomieszczeń bezpiecznych mających dostęp do pomieszczeń niebezpiecznych pod pokładem, który to dostęp jest chroniony przez śluzę powietrzną, w przypadku utraty podciśnienia w pomieszczeniu niebezpiecznym dostęp do tego pomieszczenia powinien być ograniczony do czasu przywrócenia działania wentylacji. W miejscu obsadzonym wachtą powinny być aktywowane alarmy dźwiękowe i wizualne, wskazujące zarówno utratę ciśnienia, jak i otwarcie drzwi śluzy w przypadku utraty ciśnienia. (Kodeks IGF, 5.12.6)

**5.12.7** Podstawowe wyposażenie śluzy powietrznej wymagane ze względów bezpieczeństwa nie powinno być odłączane od zasilania i powinno być certyfikowane jako typu bezpiecznego. Może ono obejmować oświetlenie, wykrywanie pożaru, nagłośnienie, systemy alarmu ogólnego. (Kodeks IGF, 5.12.7)

### **5.13 Lokalizacja wylotów LPG**

**5.13.1** Do masztu odpowietrzającego należy doprowadzić rurociągi LPG prowadzące od:

- .1** zaworu nadmiarowego ciśnienia zbiornika LPG; oraz
- .2** linii odpowietrzających i upustowych instalacji paliwa gazowego.

**5.13.2** Do zbiornika magazynowego paliwa LPG należy odprowadzać rurociągi ciekłego LPG z następujących miejsc:

- .1** zaworu nadmiarowego ciśnienia rurociągu doprowadzającego paliwo ciekłe;
- .2** linii odpowietrzającej i upustowej rurociągów doprowadzających paliwo ciekłe; oraz
- .3** zaworu nadmiarowego ciśnienia linii bunkrowania.

Tam, gdzie jest to niewykonalne, rurociąg można doprowadzić do masztu odpowietrzającego, ale niedopuszczalne jest uwalnianie cieczy z wylotu odpowietrznika. (MSC.1/Circ.1666, 5.3.6)

## 6 SYSTEM MAGAZYNOWANIA PALIWA (Kodeks IGF, 6)

### Uwaga:

O ile wyraźnie nie postanowiono inaczej, wymagania (Kodeksu IGF Części A-1) Rozdziału 6 mają zastosowanie również do statków wykorzystujących LPG jako paliwo. (MSC.1/Circ.1666, 6.3.1)

### 6.1 Cel

Celem niniejszego rozdziału jest zapewnienie, że magazynowanie gazu jest odpowiednie, aby zminimalizować ryzyko dla personelu, statku i środowiska do poziomu równoważnego z konwencjonalnym statkiem napędzanym paliwem olejowym. (Kodeks IGF, 6.1)

### 6.2 Wymagania funkcjonalne

Rozdział niniejszy dotyczy wymagań funkcjonalnych podanych w 3.2.1, 3.2.2, 3.2.5 i 3.2.8 do 3.2.17. W szczególności obowiązują następujące wymagania:

- .1 system magazynowania paliwa powinien być tak zaprojektowany, aby wyciek ze zbiornika lub jego przyłączy nie stanowił zagrożenia dla statku, osób znajdujących się na pokładzie lub dla środowiska. Potencjalne zagrożenia, których należy unikać, obejmują:
  - .1 wystawienie materiałów statku na działanie temperatur poniżej dopuszczalnych wartości granicznych;

#### **Interpretacja IACS oraz IMO:**

*Interpretacje dotyczące ochrony przed wyciekiem kriogenicznym i kontrola stref niebezpiecznych w pomieszczeniach przygotowania paliwa na pokładzie otwartym:*

- .1 Pomieszczenia przygotowania paliwa, niezależnie od lokalizacji, powinny być tak zaprojektowane, aby bezpiecznie powstrzymać wycieki kriogeniczne.
  - .2 Temperatura projektowa materiału ścianek pomieszczenia przygotowania paliwa powinna odpowiadać najniższej temperaturze, na jaką może być on narażony w scenariuszu prawdopodobnego maksymalnego wycieku, chyba że granice pomieszczenia, tj. ściany i pokłady wyposażone są w odpowiednią ochronę termiczną.
  - .3 Pomieszczenie przygotowania paliwa powinno być tak zaprojektowane, aby chronić otaczającą konstrukcję kadłuba przed niedopuszczalnym schłodzeniem w przypadku wycieku cieczy kriogenicznych.
  - .4 Pomieszczenie przygotowania paliwa powinno być tak zaprojektowane, aby wytrzymać maksymalne ciśnienie powstające podczas takiego wycieku. Alternatywnie można przewidzieć odprowadzenie upustu ciśnienia do bezpiecznego miejsca (masztu). (IACS UI GF6, MSC.1/Circ.1558)
- .2 rozprzestrzenianie się łatwopalnych paliw do miejsc ze źródłami zapłonu;
  - .3 potencjał toksyczności i ryzyko niedoboru tlenu spowodowane paliwami i gazami objętymi;
  - .4 ograniczenie dostępu do miejsc zbiórki, dróg ewakuacyjnych i środków ratunkowych (LSA); oraz
  - .5 ograniczenie dostępności LSA.
- .2 ciśnienie i temperatura w zbiorniku paliwa gazowego powinny być utrzymywane w granicach konstrukcyjnych systemu magazynowania paliwa i ewentualnych wymagań dotyczących przewozu paliwa;
  - .3 układ systemu magazynowania paliwa gazowego powinien być tak zaprojektowany, aby działania funkcji bezpieczeństwa po jakimkolwiek wycieku gazu nie prowadziły do nieakceptowalnej utraty mocy; oraz
  - .4 jeżeli do przechowywania paliwa gazowego używane są zbiorniki przenośne, to konstrukcja systemu magazynowania paliwa powinna być równoważna zbiornikom zainstalowanym na stałe, jak określono w niniejszym rozdziale;
  - .5 dodatkowo w przypadku LPG, system magazynowania paliwa powinien być zaprojektowany z uwzględnieniem różnych charakterystyk wszystkich możliwych składów LPG.



(MSC.1/Circ.1666, 6.2.5)

### 6.3 Wymagania ogólne (Kodeks IGF, 6.3)

**6.3.1** Gaz ziemny w stanie ciekłym może być magazynowany przy maksymalnej dopuszczalnej nastawie zaworu nadmiarowego (MARVS) do wartości 1,0 MPa

Powyższe **nie ma zastosowania do statków wykorzystujących LPG jako paliwo.** (MSC.1/Circ.1666, 6.3.2)

**6.3.2** Maksymalne dopuszczalne ciśnienie robocze (MAWP) zbiornika paliwa gazowego nie może przekraczać 90% maksymalnej dopuszczalnej wartości nastawy zaworu nadmiarowego (MARVS). (Kodeks IGF, 6.3.2)

**6.3.3** System magazynowania paliwa znajdujący się pod pokładem powinien być gazoszczelny w stosunku do sąsiednich pomieszczeń. (Kodeks IGF, 6.3.3)

**6.3.4** Wszystkie przyłącza zbiorników, armatura, kołnierze i zawory zbiorników muszą być zamknięte w gazoszczelnych przestrzeniach przyłączeniowych zbiorników, chyba że przyłącza zbiorników znajdują się na pokładzie otwartym. Przestrzeń ta powinna być w stanie bezpiecznie zatrzymać wyciek z przyłączy zbiornika. (Kodeks IGF, 6.3.4)

W przypadku LPG, **jeśli zbiornik paliwa znajduje się w pomieszczeniu zamkniętym, przestrzeń przyłączeniowa zbiornika powinna być oddzielona od przestrzeni magazynowej paliwa. W przypadku zbiornika paliwa znajdującego się na pokładzie otwartym należy również przewidzieć przestrzeń przyłączeniową zbiornika, w której ulatniający się gaz może gromadzić się na pokładzie otwartym, lub przedostawać się do pomieszczeń bezpiecznych, takich jak pomieszczenia mieszkalne i przedziały maszynowe, w oparciu o ocenę ryzyka** (patrz 4.2). (MSC.1/Circ.1666, 6.3.3)

**6.3.5** Przyłącza rurociągów do zbiornika magazynowego paliwa powinny być montowane powyżej najwyższego poziomu cieczy w zbiornikach, z wyjątkiem zbiorników magazynowych paliwa typu C. Przyłącza poniżej najwyższego poziomu cieczy mogą jednak być dopuszczone również dla innych typów zbiorników po odrębnym rozpatrzeniu przez Administrację. (Kodeks IGF, 6.3.5)

**6.3.6** Rurociągi pomiędzy zbiornikiem a pierwszym zaworem, który upuszcza ciecz w przypadku awarii rurociągu, powinny mieć poziom bezpieczeństwa równoważny zbiornikowi typu C, przy naprężeniach dynamicznych nieprzekraczających wartości podanych w 6.4.15.3.1.2. (Kodeks IGF, 6.3.6)

**6.3.7** Temperatura projektowa materiału przegród przestrzeni przyłączeniowej zbiornika powinna odpowiadać najniższej temperaturze, jakiej może być on poddany w scenariuszu prawdopodobnego maksymalnego wycieku. Przestrzeń przyłączeniowa zbiornika powinna być zaprojektowana tak, aby wytrzymać maksymalne ciśnienie, powstające podczas takiego wycieku. Alternatywnie, można przewidzieć odprowadzenie upustu ciśnienia do bezpiecznego miejsca (masztu). (Kodeks IGF, 6.3.7)

**6.3.8** Prawdopodobny maksymalny wyciek do przestrzeni przyłączeniowej zbiornika powinien zostać określony na podstawie szczegółowego projektu oraz systemów wykrywania i odcinania. (Kodeks IGF, 6.3.8)

**6.3.9** Jeżeli rurociąg jest podłączony poniżej poziomu cieczy w zbiorniku, to musi być chroniony barierą wtórną aż do pierwszego zaworu. (Kodeks IGF, 6.3)

**6.3.10** Jeżeli zbiorniki magazynowe skroplonego paliwa gazowego znajdują się na pokładzie otwartym, to konstrukcja stalowa statku powinna być zabezpieczona przed potencjalnymi wyciekami z przyłączy zbiorników i innych źródeł wycieku poprzez zastosowanie wanień ściekowych. Temperatura projektowa materiału powinna odpowiadać temperaturze paliwa przewożonego pod ciśnieniem atmosferycznym. W celu ochrony konstrukcji stalowej statku należy uwzględnić normalne ciśnienie robocze zbiorników paliwa gazowego. (Kodeks IGF, 6.3)

**Interpretacja IACS oraz IMO:**

*To, czy wanna ściekowa jest potrzebna, czy nie, powinno być ustalone zgodnie z poniższymi zasadami:*

- 1. Jeżeli zbiornik znajduje się na pokładzie otwartym, należy przewidzieć wanieńki ściekowe chroniące pokład przed wyciekami z przyłączy zbiornika i z innych źródeł wycieków.*
- 2. Jeżeli zbiornik znajduje się poniżej pokładu otwartego, ale przyłącza zbiornika znajdują się na pokładzie otwartym, należy przewidzieć wanieńki ściekowe w celu ochrony pokładu przed wyciekami z przyłączy zbiornika i z innych źródeł wycieków.*
- 3. Jeżeli zbiornik i przyłącza zbiornika znajdują się pod pokładem, wszystkie przyłącza zbiorników należy umieścić w przestrzeni przyłączeniowej zbiornika. W tym przypadku wanieńki ściekowe nie są wymagane. (IACS UI GF2, MSC.1/Circ.1605)*

**6.3.11** Należy zapewnić środki umożliwiające bezpieczne opróżnianie zbiorników magazynowych ze skroplonego gazu. (Kodeks IGF, 6.3.11)

**6.3.12** Należy zapewnić możliwość opróżniania, przedmuchu i odpowietrzania zbiorników magazynowych paliwa wraz z rurociągami systemów paliwowych. Instrukcje przeprowadzania tych procedur muszą być dostępne na statku. Zobojętnianie przeprowadza się za pomocą gazu obojętnego przed przewietrzeniem suchym powietrzem, aby uniknąć niebezpiecznej atmosfery wybuchowej w zbiornikach i przewodach paliwowych. Patrz szczegółowe wymagania podane w 6.10. (Kodeks IGF, 6.3.12)

## **6.4 Magazynowanie skroplonego paliwa gazowego** (Kodeks IGF, 6.4)

### **6.4.1 Postanowienia ogólne** (Kodeks IGF, 6.4.1)

**6.4.1.1** Ocena ryzyka wymagana w 4.2 powinna obejmować ocenę statkowego systemu magazynowania skroplonego paliwa gazowego i może skutkować potrzebą zastosowania dodatkowych środków bezpieczeństwa, które należy zintegrować z całościowym projektem statku. (Kodeks IGF, 6.4.1.1)

**6.4.1.2** Projektowy okres eksploatacji stałego systemu magazynowania skroplonego paliwa gazowego nie powinien być krótszy niż projektowy okres eksploatacji statku lub 20 lat, w zależności od tego, która z tych wartości jest większa. (Kodeks IGF, 6.4.1.2)

**6.4.1.3** Projektowy okres eksploatacji zbiorników przenośnych nie powinien być krótszy niż 20 lat. (Kodeks IGF, 6.4.1.3)

**6.4.1.4** Systemy magazynowania skroplonego paliwa gazowego powinny być zaprojektowane z uwzględnieniem warunków środowiskowych Północnego Atlantyku i odpowiednich długoterminowych wykresów stanu morza dla nieograniczonej żeglugi. Mniej wymagające warunki środowiskowe, zgodne z przewidywanymi warunkami eksploatacyjnymi, mogą być zaakceptowane przez Administrację dla systemów magazynowania skroplonego paliwa gazowego eksploatowanych wyłącznie w żegludze ograniczonej. Bardziej wymagające warunki środowiskowe mogą być wymagane w przypadku systemów magazynowania skroplonego paliwa gazowego eksploatowanych w warunkach cięższych niż środowisko Północnego Atlantyku \*. (Kodeks IGF, 6.4.1.4)

\* Patrz – IACS REC. 34 – Dane dotyczące fali standardowej. (Publikacja PRS 35/I Wave loads on ships)

\* Warunki środowiskowe na północnym Atlantyku odnoszą się do warunków falowania. Założone temperatury są używane do określania odpowiednich właściwości materiału w odniesieniu do temperatur projektowych i jest to kolejna kwestia, której nie obejmuje 6.4.1.4.

**6.4.1.5** Systemy magazynowania skroplonego paliwa gazowego powinny być zaprojektowane z zachowaniem odpowiednich marginesów bezpieczeństwa, tak aby:

- .1 wytrzymały, w stanie nienaruszonym, warunki środowiskowe przewidywane dla projektowy okresu eksploatacji systemu magazynowania skroplonego paliwa gazowego oraz odpowiednie dla nich warunki załadowania, które powinny uwzględniać pełne jednorodne i częściowe obciążenia oraz częściowe napełnienie do dowolnych poziomów pośrednich; oraz
- .2 były odpowiednie dla niepewności obciążeń, modelowania konstrukcji, zmęczenia materiału, korozji, skutków termicznych, zmienności materiałów, starzenia się i tolerancji konstrukcyjnych. (Kodeks IGF, 6.4.1.5)

**6.4.1.6** Wytrzymałość konstrukcji systemu magazynowania skroplonego paliwa gazowego powinna być oceniana pod kątem rodzajów uszkodzeń, w tym między innymi odkształcenia plastycznego, wyboczenia i zmęczenia materiału. Szczegółowe warunki projektowe, które należy uwzględnić przy projektowaniu każdego systemu magazynowania skroplonego paliwa gazowego podano w 6.4.15. Istnieją trzy główne kategorie warunków projektowych:

- .1 *Graniczne warunki projektowe* – konstrukcja systemu magazynowania skroplonego paliwa gazowego i jej elementy konstrukcyjne powinny wytrzymać obciążenia, które mogą wystąpić podczas ich budowy, prób i przewidywanej eksploatacji, bez utraty integralności konstrukcji. Projekt powinien uwzględniać odpowiednie kombinacje następujących obciążeń:
  - .1 ciśnienie wewnętrzne;
  - .2 ciśnienie zewnętrzne;
  - .3 obciążenia dynamiczne wywołane ruchem statku we wszystkich stanach załadowania;
  - .4 obciążenia termiczne;
  - .5 obciążenia od falowania cieczy w zbiorniku (sloshing);
  - .6 obciążenia pochodzące od ugięcia statku;
  - .7 ciężar zbiornika i skroplonego paliwa gazowego wraz z odpowiednią reakcją w rejonie podpór;
  - .8 ciężar izolacji;
  - .9 obciążenia w rejonie kolumn i innych elementów mocujących; oraz
  - .10 obciążenia próbne.
- .2 *Zmęczeniowe warunki projektowe* – konstrukcja systemu magazynowania skroplonego paliwa gazowego i jej elementy konstrukcyjne nie mogą ulec uszkodzeniu pod wpływem skumulowanych obciążeń cyklicznych.
- .3 *Awaryjne warunki projektowe* – system magazynowania skroplonego paliwa gazowego powinien spełniać każdy z następujących awaryjnych warunków (przypadkowe lub nietypowe zdarzenia), wymienione w niniejszej *Publikacji* (Kodeksu):
  - .1 **Kolizja** – system magazynowania skroplonego paliwa gazowego powinien wytrzymać obciążenia zderzeniowe określone w 6.4.9.5.1 bez deformacji podpór lub konstrukcji zbiornika w miejscu podpór, które mogłyby zagrozić zbiornikowi i jego konstrukcji wsporczej.
  - .2 **Pożar** – systemy magazynowania skroplonego paliwa gazowego powinny wytrzymać, bez rozerwania konstrukcji, wzrost ciśnienia wewnętrznego określony w podrozdziale 6.7.3.1 w przewidzianych tam scenariuszach pożarowych.
  - .3 **Zalanie przedziału powodujące wyporność zbiornika** – zamocowania zbiornika zapobiegające jego unoszeniu się powinny wytrzymać siłę skierowaną do góry, określoną

w 6.4.9.5.2 i nie powinny spowodować odkształceń plastycznych zagrażających kadłubowi. Odkształcenie plastyczne może wystąpić w systemie magazynowania paliwa, o ile nie zagraża to bezpiecznej ewakuacji załogi ze statku. (Kodeks IGF, 6.4.1.6)

**6.4.1.7** Należy zastosować środki zapewniające, że wymagane wymiary elementów konstrukcyjnych spełniają wymagania dotyczące wytrzymałości konstrukcji i będą zachowane przez cały projektowy okres eksploatacji. Środki te mogą obejmować między innymi dobór materiałów, powłoki ochronne, naddatki korozyjne, ochronę katodową i zubożnianie. (Kodeks IGF, 6.4.1.7)

**6.4.1.8** Należy opracować Plan inspekcji/przeglądów systemu magazynowania skroplonego paliwa gazowego, który powinien zostać zatwierdzony przez Administrację. Plan inspekcji/przeglądów powinien określać aspekty, które mają być poddane badaniu i/lub walidacji podczas przeglądów przez cały okres eksploatacji systemu magazynowania skroplonego paliwa gazowego, a w szczególności wszelkie niezbędne przeglądy eksploatacyjne, obsługę techniczną i próby, które przyjęto przy doborze parametrów projektowych systemu magazynowania skroplonego paliwa gazowego. Plan inspekcji/przeglądów może obejmować określone miejsca krytyczne, zgodnie z 6.4.12.2.8 lub 6.4.12.2.9. (Kodeks IGF, 6.4.1.8)

**6.4.1.9** Systemy magazynowania skroplonego paliwa gazowego powinny być tak zaprojektowane, zbudowane i wyposażone, aby zapewnić odpowiednie środki dostępu do obszarów wymagających inspekcji określonych w planie inspekcji/przeglądów. Systemy magazynowania skroplonego paliwa gazowego, z całym związanym wyposażeniem wewnętrznym, powinny być tak zaprojektowane i zbudowane, aby zapewnione było bezpieczeństwo podczas eksploatacji, inspekcji i obsługi technicznej. (Kodeks IGF, 6.4.1.9)

**6.4.2 Zasady bezpieczeństwa dotyczące magazynowania skroplonego paliwa gazowego**  
(Kodeks IGF, 6.4.2)

**6.4.2.1** Systemy magazynowania powinny być wyposażone w pełną barierę wtórną szczelną pod względem przenikalności cieczy, zdolną do bezpiecznego zatrzymania wszystkich potencjalnych wycieków przez barierę pierwotną oraz, w połączeniu z systemem termoizolacji, do zapobiegania obniżaniu temperatury konstrukcji statku do niebezpiecznego poziomu. (Kodeks IGF, 6.4.2.1)

W przypadku LPG, **nie wymaga się bariery wtórnej, jeżeli temperatura paliwa przy ciśnieniu atmosferycznym jest równa lub wyższa niż  $-10^{\circ}\text{C}$ . Jeżeli temperatura paliwa przy ciśnieniu atmosferycznym nie jest niższa niż  $-55^{\circ}\text{C}$ , to wówczas konstrukcja kadłuba może pełnić funkcję bariery wtórnej.** (MSC.1/Circ.1666, 6.3.4)

**6.4.2.2** Wielkość i konfiguracja lub układ bariery wtórnej mogą zostać zredukowane lub pominięte, jeśli można wykazać równoważny poziom bezpieczeństwa zgodnie z mającymi zastosowanie punktami 6.4.2.3 do 6.4.2.5. (Kodeks IGF, 6.4.2.2)

**6.4.2.3** Systemy magazynowania skroplonego paliwa gazowego, dla których prawdopodobieństwo rozwoju uszkodzeń konstrukcyjnych do stanu krytycznego określono jako skrajnie niskie, ale gdzie możliwość wycieku przez barierę pierwotną nie może być wykluczona, powinny być wyposażone w częściową barierę wtórną oraz system ochrony przed małymi wyciekami, który jest zdolny do bezpiecznego obsługiwanie i usuwania wycieków (stan krytyczny oznacza, że pęknięcie rozwija się w stan niestabilny).

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

rozwinieciem się do stanu krytycznego (np. poprzez wykrycie gazu lub inspekcję) i aby mogły być podjęte działania zaradcze; 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 eksploatacji zbiornika. (Kodeks IGF, 6.4.2.3)

**6.4.2.4** Bariera wtórna nie jest wymagana w przypadku systemu magazynowania skroplonego paliwa gazowego, np. zbiorników niezależnych typu C, dla którego prawdopodobieństwo wad konstrukcyjnych i wycieków przez barierę pierwotną jest skrajnie niskie i może być pominięte. (Kodeks IGF, 6.4.2.4)

**6.4.2.5** Zbiorniki niezależne wymagające pełnej lub częściowej bariery wtórnej powinny być wyposażone w urządzenia do bezpiecznego usuwania wycieków ze zbiornika. (Kodeks IGF, 6.4.2.5)

### 6.4.3 Bariery wtórne w zależności od typów zbiorników

Wymagania dotyczące instalowania barier wtórnych w zależności od typów zbiorników, określonych w 6.4.15, przedstawiono w poniższej tabeli. (Kodeks IGF, 6.4.3)

Podstawowy typ zbiornika	Wymagania dotyczące bariery wtórnej
Membranowy	Pełna bariera wtórna
Niezależny:	
Typu A	Pełna bariera wtórna
Typu B	Częściowa bariera wtórna
Typu C	Bariera wtórna nie jest wymagana

### 6.4.4 Konstrukcja barier wtórnych

Konstrukcja bariery wtórnej, w tym osłony przeciwrozbryzgowej, jeżeli jest zamontowana, powinna być taka, aby:

- .1 była w stanie powstrzymać przewidywany wyciek skroplonego paliwa gazowego przez okres 15 dni, chyba że dla poszczególnych rejsów mają zastosowanie inne kryteria, uwzględniające spektrum obciążeń, o których mowa w 6.4.12.2.6;
- .2 zdarzenia natury fizycznej, mechanicznej lub eksploatacyjnej w zbiorniku skroplonego paliwa gazowego, które mogłyby spowodować uszkodzenie bariery pierwotnej, nie zakłócały prawidłowego działania bariery wtórnej i odwrotnie;
- .3 uszkodzenie podpory lub mocowania do konstrukcji kadłuba nie spowodowało utraty szczelności dla cieczy zarówno bariery pierwotnej, jak i wtórnej;
- .4 można ją było okresowo sprawdzać pod kątem jej skuteczności poprzez oględziny lub za pomocą innych odpowiednich środków akceptowanych przez Administrację;
- .5 metody wymagane w 6.4.4.4 powinny być zatwierdzone przez Administrację i powinny obejmować co najmniej:
  - .1 szczegóły dotyczące dopuszczalnej wielkości uszkodzenia i lokalizacji w obrębie bariery wtórnej, zanim jej szczelność dla cieczy zostanie naruszona;
  - .2 dokładność i zakres wartości proponowanej w .1 powyżej metody wykrywania uszkodzeń;
  - .3 współczynniki skalowania, które należy zastosować przy określaniu kryteriów akceptacji, jeżeli nie są przeprowadzane badania modelowe w pełnej skali; oraz
  - .4 wpływ termicznego i mechanicznego obciążenia cyklicznego na skuteczność proponowanej próby;

- .6** bariera wtórna spełniała swoje wymagania funkcjonalne przy statycznym kącie przechyłu 30°. (Kodeks IGF, 6.4.4)

#### **6.4.5 System ochrony przed małymi wyciekami przez częściowe bariery wtórne i barierę pierwotną** (Kodeks IGF, 6.4.5)

**6.4.5.1** Częściowe bariery wtórne dozwolone zgodnie z 6.4.2.3 powinny być stosowane wraz z systemem ochrony przed małymi przeciekami i powinny spełniać wszystkie wymagania podane w 6.4.4.

System ochrony przed małymi wyciekami obejmuje środki do wykrywania wycieków w obrębie bariery pierwotnej, elementy takie jak osłona przeciwozbryzgowa, służące do kierowania strumienia skroplonego paliwa gazowego w dół do częściowej bariery wtórnej oraz środki do usuwania cieczy, co może nastąpić w wyniku naturalnego odparowania. (Kodeks IGF, 6.4.5.1)

**6.4.5.2** Wydajność częściowej bariery wtórnej należy określić na podstawie wycieku skroplonego paliwa gazowego odpowiadającego rozmiarowi uszkodzeń wynikającemu z zakresu obciążeń, o którym mowa w 6.4.12.2.6, po wstępnym wykryciu wycieku pierwotnego. Można odpowiednio uwzględnić parowanie cieczy, szybkość wycieku, wydajność pompowania i inne istotne czynniki. (Kodeks IGF, 6.4.5.2)

**6.4.5.3** Wymagane wykrywanie wycieków cieczy może odbywać się za pomocą czujników cieczy lub efektywnego wykorzystania systemów wykrywania ciśnienia, temperatury lub gazu lub dowolnej ich kombinacji. (Kodeks IGF, 6.4.5.3)

**6.4.5.4** W przypadku zbiorników niezależnych, których kształt geometryczny nie stwarza oczywistych miejsc gromadzenia się wycieków, częściowa bariera wtórna powinna również spełniać swoje wymagania funkcjonalne przy nominalnym statycznym kącie przegłębienia. (Kodeks IGF, 6.4.5.4)

#### **6.4.6 Konstrukcje podpierające** (Kodeks IGF, 6.4.6)

**6.4.6.1** Zbiorniki skroplonego paliwa gazowego powinny być podparte przez kadłub statku w sposób uniemożliwiający ruch korpusu zbiornika pod obciążeniami statycznymi i dynamicznymi określonymi w 6.4.9.2 do 6.4.9.5, tam gdzie ma to zastosowanie, przy jednoczesnym umożliwieniu kurczenia się i rozszerzania zbiornika pod wpływem zmian temperatury i odkształceń kadłuba bez nadmiernych naprężeń zbiornika i kadłuba. (Kodeks IGF, 6.4.6.1)

**6.4.6.2** W przypadku zbiorników niezależnych należy przewidzieć urządzenia zapobiegające unoszeniu się zbiorników, zdolne do przenoszenia obciążeń określonych w 6.4.9.5.2 bez odkształceń plastycznych mogących zagrozić konstrukcji kadłuba. (Kodeks IGF, 6.4.6.2)

**6.4.6.3** Podpory i konstrukcje podpierające powinny wytrzymać obciążenia określone w 6.4.9.3.3.8 i 6.4.9.5, ale obciążenia te nie muszą być sumowane ze sobą, ani z obciążeniami wywołanymi falowaniem. (Kodeks IGF, 6.4.6.3)

#### **6.4.7 Powiązane konstrukcje i wyposażenie** (Kodeks IGF, 6.4.7)

**6.4.7.1** Systemy magazynowania skroplonego paliwa gazowego powinny być zaprojektowane na obciążenia wywierane przez związaną z nimi konstrukcję i wyposażenie. Obejmuje to kolumny pomp, kopuły zbiorników skroplonego paliwa gazowego, pompy i rurociągi skroplonego paliwa gazowego, pompy i rurociągi resztkowe, rurociągi azotu, włazy wejściowe, drabiny, przejścia rurociągów,

wskaźniki poziomu cieczy, niezależne wskaźniki alarmowe poziomu cieczy, dysze zraszające i systemy oprzrzędowania (takie jak mierniki ciśnienia, temperatury i naprężeń). (Kodeks IGF, 6.4.7.1)

#### **6.4.8 Izolacja termiczna** (Kodeks IGF, 6.4.8)

**6.4.8.1** Należy zapewnić izolację termiczną, jak to jest wymagane w celu ochrony kadłuba przed temperaturami niższymi niż dopuszczalne (patrz 6.4.13.1.1) oraz ograniczenia przepływu strumienia ciepła do zbiornika do poziomów, które mogą być utrzymane przez zastosowany system kontroli ciśnienia i temperatury, wymagany w 6.9. (Kodeks IGF, 6.4.8.1)

#### **6.4.9 Obciążenia projektowe** (Kodeks IGF, 6.4.9)

##### **6.4.9.1 Postanowienia ogólne** (Kodeks IGF, 6.4.9.1)

**6.4.9.1.1** W niniejszym rozdziale określono obciążenia projektowe, które należy uwzględnić w odniesieniu do wymagań podanych w 6.4.10 do 6.4.12. Obejmuje to kategorie obciążeń (stałe, funkcjonalne, środowiskowe i awaryjne) oraz opis tych obciążeń. (Kodeks IGF, 6.4.9.1.1)

**6.4.9.1.2** Zakres, w jakim należy uwzględnić te obciążenia zależy od typu zbiornika i jest bardziej szczegółowo opisany w kolejnych punktach. (Kodeks IGF, 6.4.9.1.2)

**6.4.9.1.3** Zbiorniki wraz z ich konstrukcją podpierającą i pozostałym osprzętem należy projektować z uwzględnieniem odpowiednich kombinacji obciążeń opisanych poniżej. (Kodeks IGF, 6.4.9.1.3)

##### **6.4.9.2 Obciążenia stałe** (Kodeks IGF, 6.4.9.2)

###### **6.4.9.2.1 Obciążenia grawitacyjne**

Należy uwzględnić ciężar zbiornika, izolacji termicznej, obciążeń od wież i innych elementów mocujących. (Kodeks IGF, 6.4.9.2.1)

###### **6.4.9.2.2 Stałe obciążenia zewnętrzne**

Należy uwzględnić obciążenia grawitacyjne konstrukcji i urządzeń działających z zewnątrz na zbiornik. (Kodeks IGF, 6.4.9.2.2)

##### **6.4.9.3 Obciążenia funkcjonalne** (Kodeks IGF, 6.4.9.3)

**6.4.9.3.1** Obciążenia wynikające z eksploatacji systemu zbiorników należy klasyfikować jako obciążenia funkcjonalne. (Kodeks IGF, 6.4.9.3.1)

**6.4.9.3.2** Należy uwzględnić wszystkie obciążenia funkcjonalne, które są istotne dla zapewnienia integralności układu zbiornika we wszystkich warunkach projektowych. (Kodeks IGF, 6.4.9.3.2)

**6.4.9.3.3** Przy ustalaniu obciążeń funkcjonalnych należy uwzględnić co najmniej wpływ następujących kryteriów, jeśli mają zastosowanie:

- .1 ciśnienie wewnętrzne;
- .2 ciśnienie zewnętrzne;
- .3 obciążenia termiczne;
- .4 drgania;
- .5 obciążenia od wzajemnych oddziaływań;
- .6 obciążenia związane z konstrukcją i montażem;

- .7 obciążenia związane z próbami;
- .8 obciążenia od przechyłu statycznego;
- .9 masę skroplonego paliwa gazowego;
- .10 falowanie cieczy w zbiorniku (sloshing);
- .11 wpływ wiatru, wpływ fal i wody wchodzącej na pokład w przypadku zbiorników zainstalowanych na pokładzie otwartym. (Kodeks IGF, 6.4.9.3.3)

#### 6.4.9.3.3.1 Ciśnienie wewnętrzne

- .1 We wszystkich przypadkach, włączając 6.4.9.3.3.1.2,  $P_0$  nie może być mniejsze niż MARVS.
- .2 Dla zbiorników skroplonego paliwa gazowego, w których nie ma regulacji temperatury, a ciśnienie skroplonego paliwa gazowego zależy wyłącznie od temperatury otoczenia, wartość  $P_0$  nie może być mniejsza od ciśnienia manometrycznego par skroplonego paliwa gazowego w temperaturze 45°C, z następującymi wyjątkami:
  - .1 niższe wartości temperatury otoczenia mogą być zaakceptowane przez Administrację dla statków eksploatowanych w rejonach ograniczonych. I odwrotnie, 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, prężność par  $P_h$  większa niż  $P_0$  może być zaakceptowana w przypadku specyficznych warunków dla danego miejsca (port i inne lokalizacje), gdzie obciążenia dynamiczne są zmniejszone.
- .4 Ciśnieniem stosowanym do określenia ciśnienia wewnętrznego powinno być:
  - .1  $(P_{gd})_{max}$ , jest to powiązane ciśnienie cieczy określane na podstawie maksymalnych przyspieszeń projektowych.
  - .2  $(P_{gd\ site})_{max}$ , jest to powiązane ciśnienie cieczy określane na podstawie specyficznych przyspieszeń dla danego miejsca.
  - .3  $P_{eq}$  powinno być większą z wartości  $P_{eq1}$  oraz  $P_{eq2}$  obliczoną w następujący sposób:

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

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

- .5 Ciśnienia wewnętrzne cieczy są to ciśnienia powstające w wyniku przyspieszenia środka ciężkości skroplonego paliwa gazowego w wyniku ruchów statku, o których mowa w 6.4.9.4.1.1. Wartość wewnętrznego ciśnienia cieczy  $P_{gd}$  wynikającego z połączonych efektów grawitacji i przyspieszeń dynamicznych powinna być obliczana w następujący sposób:

$$P_{gd} = \alpha_\beta Z_\beta (\rho / (1.02 \times 10^5)) \text{ [MPa]}$$

gdzie:

$\alpha_\beta$  = przyspieszenie bezwymiarowe (tj. względem przyspieszenia ziemskiego), wynikające z obciążeń grawitacyjnych i dynamicznych, w dowolnym kierunku  $\beta$ ; (patrz Rys. 6.4.1).

W przypadku dużych zbiorników, należy zastosować elipsoidę przyspieszeń, uwzględniającą przyspieszenia poprzeczne pionowe i wzdłużne.

$Z_\beta$  = największa wysokość cieczy [m] powyżej punktu, w którym ma być określane ciśnienie, mierząc od płaszcza zbiornika w kierunku  $\beta$  (patrz Rys. 6.4.2).

Przy określaniu  $Z_\beta$  powinny być uwzględnione kopuły zbiorników zaliczane do przyjętej całkowitej objętości zbiorników, chyba że całkowita objętość kopuł  $V_d$  nie przekracza następującej wartości:



$$V_d = V_t \left( \frac{100-FL}{FL} \right)$$

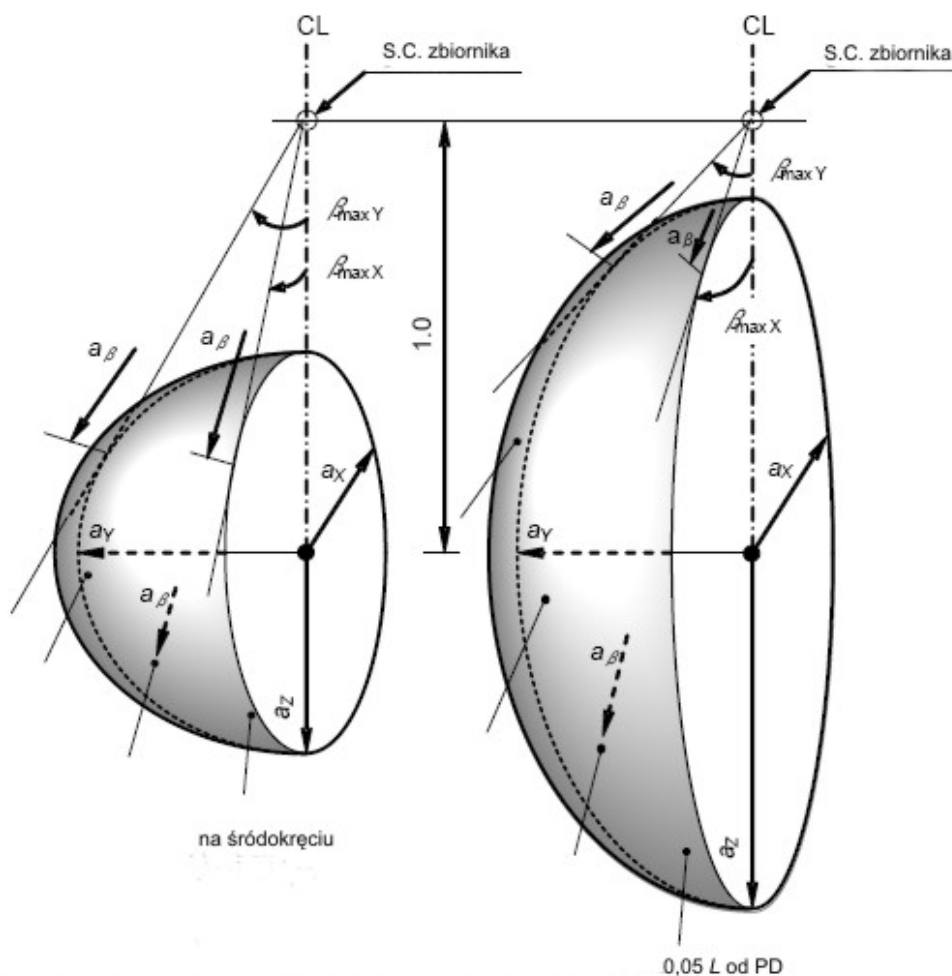
gdzie:

$V_t$  = objętość zbiornika bez kopuły; oraz

$FL$  = granica napełnienia, zgodnie z 6.8.

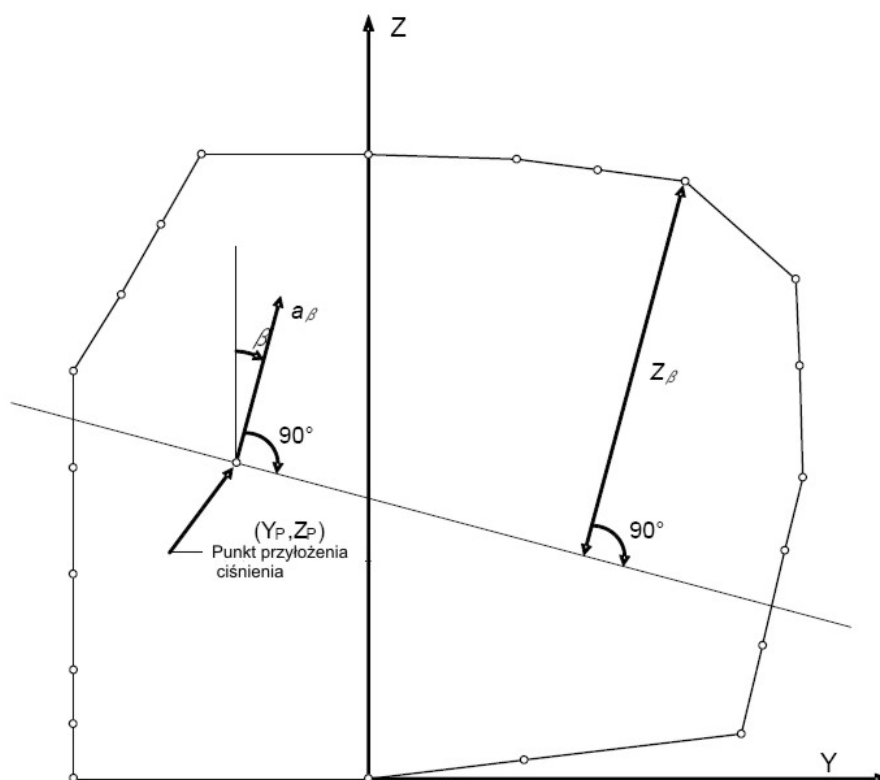
$\rho$  = maksymalna gęstość skroplonego paliwa gazowego [ $\text{kg/m}^3$ ] przy temperaturze projektowej.

Należy uwzględnić kierunek, który daje maksymalną wartość  $(P_{gd})_{\max}$  lub  $(P_{gd \text{ site}})_{\max}$ .  
W przypadku, gdy należy rozpatrywać składowe przyspieszenia w trzech kierunkach, zamiast elipsy jak na Rys. 6.4.1, należy zastosować elipsoidę. Powyższy wzór dotyczy tylko zbiorników pełnych. (Kodeks IGF, 6.4.9.3.3.1)



$\alpha_\beta$  = przyspieszenie wynikowe (statyczne lub dynamiczne) w wybranym kierunku  $\beta$   
 $a_x$  = wzdłużna składowa przyspieszenia  
 $a_y$  = poprzeczna składowa przyspieszenia  
 $a_z$  = pionowa składowa przyspieszenia (patrz 6.4.9.4.1.1)

Rys. 6.4.1 – Elipsoida przyspieszenia



Rys. 6.4.2 – Określanie wysokości wewnętrznych ciśnień

#### 6.4.9.3.3.2 Ciśnienie zewnętrzne

Zewnętrzne projektowe obciążenia ciśnieniowe powinny być oparte na różnicy między minimalnym ciśnieniem wewnętrznym a maksymalnym ciśnieniem zewnętrznym, któremu może być poddana jednocześnie jakakolwiek część zbiornika. (Kodeks IGF, 6.4.9.3.3.2)

#### 6.4.9.3.3.3 Obciążenia termiczne (Kodeks IGF, 6.4.9.3.3.3)

**6.4.9.3.3.3.1** W przypadku zbiorników przeznaczonych do przechowywania skroplonego paliwa gazowego w temperaturach poniżej minus 55°C należy uwzględnić przejściowe obciążenia termiczne w okresach schładzania. (Kodeks IGF, 6.4.9.3.3.3.1)

**6.4.9.3.3.3.2** W przypadku systemu magazynowania skroplonego paliwa gazowego należy wziąć pod uwagę stacjonarne obciążenia termiczne, gdy projektowe elementy podpierające lub mocujące oraz temperatura robocza mogą powodować znaczne naprężenia termiczne (patrz punkt 6.9.2). (Kodeks IGF, 6.4.9.3.3.3.2)

#### 6.4.9.3.3.4 Drgania

Należy rozważyć potencjalnie szkodliwe oddziaływania drgań na system magazynowania skroplonego paliwa gazowego. (Kodeks IGF, 6.4.9.3.3.4)

#### 6.4.9.3.3.5 Obciążenia od wzajemnych oddziaływań

Należy uwzględniać składową statyczną obciążeń wynikających z wzajemnego oddziaływania systemem magazynowania skroplonego paliwa gazowego i konstrukcji kadłuba, jak też obciążeń związanych z konstrukcją i wyposażeniem. (Kodeks IGF, 6.4.9.3.3.5)

#### **6.4.9.3.3.6 Obciążenia związane z konstrukcją i montażem**

Należy uwzględnić obciążenia lub warunki związane z konstrukcją i montażem systemu magazynowania paliwa, np. związane z podnoszeniem. (Kodeks IGF, 6.4.9.3.3.6)

#### **6.4.9.3.3.7 Obciążenia związane z próbami**

Należy uwzględnić obciążenia odpowiadające próbom systemu magazynowania skroplonego paliwa gazowego, o których mowa w 16.5. (Kodeks IGF, 6.4.9.3.3.7)

#### **6.4.9.3.3.8 Obciążenia od przechyłu statycznego**

Należy uwzględnić obciążenia odpowiadające najbardziej niekorzystnemu kątowi przechyłu statycznego statku w zakresie od 0° to 30°. (Kodeks IGF, 6.4.9.3.3.8)

#### **6.4.9.3.3.9 Inne obciążenia**

Należy uwzględnić inne niewymienione obciążenia, które mogłyby oddziaływać na system magazynowania skroplonego paliwa gazowego. (Kodeks IGF, 6.4.9.3.3.9)

### **6.4.9.4 Obciążenia środowiskowe** (Kodeks IGF, 6.4.9.4)

**6.4.9.4.1** Obciążenia środowiskowe definiuje się jako obciążenia systemu magazynowania skroplonego paliwa gazowego, które są wywołane przez otaczające środowisko i które nie są w inny sposób klasyfikowane jako obciążenia stałe, funkcjonalne lub awaryjne. (Kodeks IGF, 6.4.9.4.1)

#### **6.4.9.4.1.1 Obciążenia związane z ruchem statku**

Przy określaniu obciążeń dynamicznych należy uwzględnić długookresowy rozkład ruchów statku na nieregularnej fali, których statek będzie doświadczał w okresie swojej eksploatacji. Można uwzględnić zmniejszenie obciążeń dynamicznych w wyniku koniecznego zmniejszenia prędkości oraz zmiany kursu. Ruch statku powinien obejmować oscylację wzdłużną, oscylację poprzeczną, nurzanie, kołysanie, kiwanie i myszkowanie. Przyspieszenia działające na zbiorniki należy oszacować w ich środku ciężkości i uwzględnić następujące składowe:

- .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 i 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 wywołanych ruchem statku powinny zostać zaproponowane i zatwierdzone przez Administrację\*.

\* Patrz rozdział 4.28.2.1 *Przepisów klasyfikacji i budowy gazowców* (Kodeksu IGC), w celu uzyskania wytycznych dotyczących składowych przyspieszenia.

Statki w żegludze ograniczonej mogą podlegać specjalnemu rozpatrzeniu. (Kodeks IGF, 6.4.9.4.1.1)

#### **6.4.9.4.1.2 Obciążenia dynamiczne od wzajemnych oddziaływań**

Należy uwzględnić składową dynamicznych obciążeń wynikających z wzajemnego oddziaływania między systemem magazynowania skroplonego paliwa gazowego a konstrukcją kadłuba, łącznie z obciążeniami od powiązanych elementów konstrukcji i wyposażenia. (Kodeks IGF, 6.4.9.4.1.2)

#### 6.4.9.4.1.3 Obciążenia od falowania cieczy w zbiorniku (sloshing)

Obciążenia pochodzące od przemieszczania się cieczy działające na system magazynowania skroplonego paliwa gazowego i na elementy wewnętrzne powinny zostać ocenione dla pełnego zakresu przewidywanych poziomów napełniania zbiornika. (Kodeks IGF, 6.4.9.4.1.3)

#### 6.4.9.4.1.4 Obciążenia od śniegu i lodu

Należy uwzględnić obciążenia pochodzące od śniegu i oblodzenia, jeśli ma to zastosowanie. (Kodeks IGF, 6.4.9.4.1.4)

#### 6.4.9.4.1.5 Obciążenia związane z żeglugą w lodach

Należy uwzględniać obciążenia wynikające z żeglugi w lodach, w przypadku statków przeznaczonych do takiej eksploatacji. (Kodeks IGF, 6.4.9.4.1.5)

#### 6.4.9.4.1.6 Obciążenie od wody wchodzącej na pokład (green sea)

Należy uwzględnić obciążenia związane z wodą na pokładzie. (Kodeks IGF, 6.4.9.4.1.6)

#### 6.4.9.4.1.7 Obciążenia od wiatru

Należy uwzględnić obciążenia generowane przez wiatr, na ile ma to zastosowanie. (Kodeks IGF, 6.4.9.4.1.7)

### 6.4.9.5 Obciążenia awaryjne

Obciążenia awaryjne definiuje się jako te, które oddziałują na system magazynowania skroplonego paliwa gazowego i jego konstrukcje podpierające w warunkach nienormalnych i nieplanowanych. (Kodeks IGF, 6.4.9.5)

#### 6.4.9.5.1 Obciążenia związane z kolizją statku

Obciążenie związane z kolizją statku określa się w oparciu o stan pełnego załadowania systemu magazynowania paliwa, przy sile bezwładności odpowiadającej wartości „ $a$ ” w poniższej tabeli w kierunku dziobu oraz wartości „ $a/2$ ” w kierunku rufy, gdzie „ $g$ ” oznacza przyspieszenie grawitacyjne.

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

Szczególną uwagę należy zwrócić na statki o liczbie Froude'a ( $F_n$ )  $> 0,4$ . (Kodeks IGF, 6.4.9.5.1)

#### 6.4.9.5.2 Obciążenia związane z zalaniem statku

W przypadku zbiorników niezależnych, obciążenia spowodowane wyporem całkowicie zanurzonego pustego zbiornika należy uwzględnić przy projektowaniu blokad zapobiegających unoszeniu się zbiornika oraz konstrukcji podpierającej zarówno przyległej konstrukcji kadłuba, jak i zbiornika. (Kodeks IGF, 6.4.9.5.2)

### 6.4.10 Integralność konstrukcji (Kodeks IGF 6.4.10)

#### 6.4.10.1 Postanowienia ogólne (Kodeks IGF, 6.4.10.1)

**6.4.10.1.1** Projekt konstrukcyjny powinien zapewniać, że zbiorniki mają odpowiednią nośność do przeniesienia wszystkich obciążeń przy zachowaniu odpowiedniego marginesu bezpieczeństwa. Należy przy tym uwzględnić możliwość odkształceń plastycznych, wyboczeń, zmęczenia materiału oraz utraty ciecz- i gazoszczelności. (Kodeks IGF, 6.4.10.1.1)

**6.4.10.1.2** Integralność konstrukcji systemów magazynowania skroplonego paliwa gazowego może być wykazana poprzez zgodność z 6.4.15, odpowiednio do typu takiego systemu. (Kodeks IGF, 6.4.10.2)

**6.4.10.1.3** W przypadku innych typów systemów magazynowania skroplonego paliwa gazowego, które mają nowatorską konstrukcję lub znacząco różnią się od tych objętych wymaganiami 6.4.15, integralność konstrukcji powinna być wykazana poprzez zgodność z 6.4.16. (Kodeks IGF, 6.4.10.3)

**6.4.11 Analiza konstrukcji** (Kodeks IGF, 6.4.11)

**6.4.11.1 Analiza** (Kodeks IGF, 6.4.11.1)

**6.4.11.1.1** Analizy projektowe powinny opierać się na przyjętych zasadach statyki, dynamiki oraz wytrzymałości materiałów. (Kodeks IGF, 6.4.11.1.1)

**6.4.11.1.2** Do obliczania skutków obciążeń mogą być stosowane uproszczone metody lub analizy pod warunkiem, że dają one wyniki konserwatywne. Badania modelowe można stosować w połączeniu z obliczeniami teoretycznymi lub zamiast nich. W przypadku, gdy metody teoretyczne są niewystarczające, mogą być wymagane badania modelowe lub badania w pełnej skali. (Kodeks IGF, 6.4.11.1.2)

**6.4.11.1.3** Przy określaniu odpowiedzi konstrukcji na obciążenia dynamiczne należy uwzględniać skutki dynamiczne, jeśli mogą one naruszyć integralność konstrukcji. (Kodeks IGF, 6.4.11.1.3)

**6.4.11.2 Scenariusze obciążeń** (Kodeks IGF, 6.4.11.2)

**6.4.11.2.1** Dla każdego rozpatrywanego miejsca lub części systemu magazynowania skroplonego paliwa gazowego oraz dla każdego możliwego rodzaju awarii poddawanego analizie należy rozważyć wszystkie odpowiednie kombinacje obciążeń, które mogą działać jednocześnie. (Kodeks IGF, 6.4.11.2.1)

**6.4.11.2.2** Należy rozważyć najbardziej niekorzystne scenariusze dla wszystkich odpowiednich faz podczas budowy, obsługi, prób oraz w warunkach eksploatacji. (Kodeks IGF, 6.4.11.2.2)

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

$$\begin{aligned}\sigma_x &= \sigma_{x.st} \pm \sqrt{\sum (\sigma_{x.dyn})^2} \\ \sigma_y &= \sigma_{y.st} \pm \sqrt{\sum (\sigma_{y.dyn})^2} \\ \sigma_z &= \sigma_{z.st} \pm \sqrt{\sum (\sigma_{z.dyn})^2} \\ \tau_{xy} &= \tau_{xy.st} \pm \sqrt{\sum (\tau_{xy.dyn})^2}\end{aligned}$$

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

gdzie:

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

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

Każde z nich powinno być obliczone oddzielnie przy użyciu składowych przyspieszenia oraz składowych odkształceń kadłuba spowodowanych ugięciem i skręcaniem. (Kodeks IGF, 6.4.11.2.3)

## 6.4.12 Warunki projektowe

W projekcie należy uwzględnić wszystkie odpowiednie rodzaje awarii dla wszystkich odpowiednich scenariuszy obciążeń i warunków projektowych. Warunki projektowe podano we wcześniejszej części niniejszego rozdziału, a scenariusze obciążeń zostały podane w 6.4.11.2. (Kodeks IGF, 6.4.12)

### 6.4.12.1 Graniczne warunki projektowe (Kodeks IGF, 6.4.12.1)

**6.4.12.1.1** Nośność konstrukcyjna może być określona na podstawie badań lub analizy, z uwzględnieniem zarówno własności sprężystych, jak i plastycznych materiału, poprzez uproszczoną liniową analizę sprężystości lub stosując wymagania niniejszej *Publikacji* (Kodeksu):

- .1 Należy uwzględnić odkształcenia plastyczne i wyboczenia.
- .2 Analiza powinna być oparta na charakterystycznych wartościach obciążeń, jak poniżej:

Obciążenia stałe	Wartości oczekiwane
Obciążenia funkcjonalne	Wartości określone
Obciążenia środowiskowe	W przypadku obciążeń od falowania: najbardziej prawdopodobne największe obciążenie napotkane podczas $10^8$ zderzeń statku z falami.

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

- .1  $R_e$  = określona minimalna granica plastyczności w temperaturze pokojowej [N/mm<sup>2</sup>]. W przypadku, gdy krzywa statycznego rozciągania nie wykazuje wyraźnej granicy plastyczności, zastosowanie ma granica plastyczności przy odkształceniu 0,2%.
- .2  $R_m$  = określona minimalna wytrzymałość na rozciąganie w temperaturze pokojowej [N/mm<sup>2</sup>].

Do połączeń spawanych, w których nie można uniknąć niedopasowanych spoin, tzn. gdy metal spoiny ma niższą wytrzymałość na rozciąganie niż metal rodzimy, tak jak w przypadku niektórych stopów aluminium, należy przyjąć odpowiednie wartości  $R_e$  oraz  $R_m$  spoiny po zastosowanej obróbce cieplnej. W takich przypadkach wytrzymałość spoiny na rozciąganie poprzeczne nie powinna być mniejsza niż rzeczywista granica plastyczności metalu rodzimego. Jeśli nie można tego osiągnąć, konstrukcje spawane wyprodukowane z takich materiałów nie powinny być włączane do systemów magazynowania skroplonego paliwa gazowego.

Powyższe właściwości powinny odpowiadać minimalnym określonym właściwościom mechanicznym materiału, w tym metalu spoiny w stanie fabrycznym. Pod

warunkiem specjalnego rozpatrzenia przez Administrację, można uwzględnić zwiększoną wartość granicy plastyczności i wytrzymałości na rozciąganie w niskiej temperaturze.

- .4 Naprężenia zredukowane  $\sigma_c$  (von Mises, Huber) powinny być określane następująco:

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

gdzie:

- $\sigma_x$  = całkowite naprężenia normalne w kierunku x;  
 $\sigma_y$  = całkowite naprężenia normalne w kierunku y;  
 $\sigma_z$  = całkowite naprężenia normalne w kierunku z;  
 $\tau_{xy}$  = całkowite naprężenia ścinające w płaszczyźnie x-y;  
 $\tau_{xz}$  = całkowite naprężenia ścinające w płaszczyźnie x-z; oraz  
 $\tau_{yz}$  = całkowite naprężenia ścinające w płaszczyźnie y-z .

Powyższe wartości powinny być obliczane jak opisano w 6.4.11.2.3.

- .5 Dopuszczalne naprężenia dla materiałów innych niż te wymienione w 7.4 podlegają w każdym przypadku zatwierdzeniu przez Administrację.  
.6 Naprężenia mogą być dalej ograniczane przez analizę wytrzymałości zmęczeniowej, analizy propagacji pęknięć oraz kryteria wyboczenia. (Kodeks IGF, 6.4.12.1.1)

#### 6.4.12.2 Zmęczeniowe warunki projektowe

- .1 Zmęczeniowe warunki projektowe to warunki projektowe uwzględniające skumulowane obciążenie cykliczne.  
.2 W przypadku, gdy wymagana jest analiza wytrzymałości zmęczeniowej, to skumulowany efekt obciążenia zmęczeniowego powinien być zgodny z:

$$\sum \frac{n_i}{N_i} + \frac{n_{Loading}}{N_{Loading}} \leq C_w$$

gdzie:

- $n_i$  = liczba cykli naprężeń na każdym poziomie naprężeń w okresie eksploatacji zbiornika;  
 $N_i$  = liczba cykli naprężeń do powstania pęknięcia, dla odpowiedniego poziomu naprężeń, zgodnie z krzywą Wohlera (S-N);  
 $n_{Loading}$  = liczba cykli załadunku i wyładunku w okresie eksploatacji zbiornika, przyjmowana jako nie mniejsza niż 1000. Cykle załadunku i wyładunku obejmują pełny cykl ciśnieniowy i termiczny;  
 $N_{Loading}$  = liczba cykli do powstania pęknięcia dla obciążeń zmęczeniowych wywołanych załadunkiem i wyładunkiem; oraz  
 $C_w$  = maksymalny dopuszczalny skumulowany współczynnik uszkodzeń zmęczeniowych.

Uszkodzenia zmęczeniowe powinny opierać się na projektowym okresie eksploatacji zbiornika, obejmującym jednak nie mniej niż  $10^8$  zderzeń statku z falami.

- .3 Tam, gdzie jest to wymagane, system magazynowania skroplonego paliwa gazowego powinien podlegać analizie wytrzymałości zmęczeniowej, uwzględniając wszystkie obciążenia zmęczeniowe oraz ich odpowiednie kombinacje w przewidywanym okresie eksploatacji systemu magazynowania skroplonego paliwa gazowego. Należy rozważyć różne stany napełnienia.  
.4 Projektowe krzywe S-N stosowane w analizie powinny mieć zastosowanie do materiałów i złącz spawanych, szczegółów konstrukcyjnych, technologii wykonania oraz rzeczywistego stanu przewidywanych naprężeń.

Krzywe S-N powinny być oparte na 97,6% prawdopodobieństwie przetrwania, odpowiadającym krzywym wyznaczającym średnią, minus dwa odchylenia standardowe odpowiednich danych doświadczalnych podczas próby prowadzącej aż do końcowego uszkodzenia. Stosowanie krzywych S-N uzyskanych w inny sposób wymaga dostosowania do dopuszczalnych wartości  $C_w$  określonych 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 funkcjonalne | Wartości określone lub określona historia                     |
| Obciążenia środowiskowe | Oczekiwana historia obciążeń, ale nie mniej niż $10^8$ cykli. |

Jeżeli do oszacowania trwałości zmęczeniowej stosowane są uproszczone widma obciążeń dynamicznych, to powinny być one poddane szczególnemu rozpatrzeniu przez Administrację.

- .6 W przypadku zredukowania wielkości bariery wtórnej, jak przewidziano w 6.4.2.3, należy wykonać analizę mechaniki pęknięcia dla rozwoju pęknięć zmęczeniowych, w celu określenia:
- .1 ścieżki propagacji pęknięć w konstrukcji, gdy jest to niezbędne, zgodnie z 6.4.12.2.7 do 6.4.12.2.9;
  - .2 tempa rozwoju pęknięć;
  - .3 czasu potrzebnego do propagacji pęknięcia i spowodowania wycieku ze zbiornika;
  - .4 rozmiaru i kształtu pęknięć na całej grubości oraz
  - .5 czasu potrzebnego do osiągnięcia przez wykrywalne pęknięcia stanu krytycznego po przejściu przez całą grubość elementu konstrukcji.

Mechanika pęknięcia jest ogólnie oparta na danych dotyczących rozwoju pęknięć, przyjmowanych jako wartość: średnia plus dwa odchylenia standardowe według danych testowych. Metody analizy rozwoju pęknięć zmęczeniowych oraz mechaniki pęknięcia powinny być oparte na uznanych normach.

Analizując propagację pęknięć należy przyjąć największe pęknięcie początkowe, niewykrywalne przy zastosowanej metodzie kontroli, uwzględniając dopuszczalne kryterium badań nieniszczących i oględzin, jeśli mają zastosowanie.

W przypadku analizy propagacji pęknięć, o której mowa w 6.4.12.2.7, może być zastosowany uproszczony rozkład oraz sekwencja obciążeń w okresie 15 dni. Takie rozkłady można uzyskać jak pokazano na rys. 6.4.3. Rozkład i sekwencja obciążeń dla dłuższych okresów czasu, 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 niezawodnie wykryte za pomocą wykrywania wycieków:

$C_w$  powinno być mniejsze lub równe 0,5.

Prognozowany pozostały czas rozwoju uszkodzenia, od momentu wykrycia wycieku do osiągnięcia stanu krytycznego, nie powinien być krótszy od 15 dni, chyba że dla statków odbywających określone podróże mają zastosowanie inne przepisy.

- .8 W przypadku uszkodzeń, których nie można wykryć na podstawie wycieku, ale mogą być niezawodnie wykryte w czasie inspekcji w trakcie eksploatacji:

$C_w$  powinno być mniejsze lub równe 0,5.

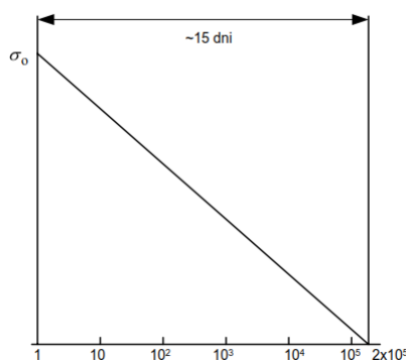


Prognozowany pozostały czas rozwoju uszkodzenia, od największego pęknięcia niewykrywalnego za pomocą stosowanych metod inspekcji eksploatacyjnej do osiągnięcia stanu krytycznego, powinien być nie krótszy niż trzykrotność okresu między inspekcjami.

- .9** W określonych miejscach zbiornika, w których nie można zapewnić skutecznego wykrywania uszkodzeń lub pęknięć należy zastosować co najmniej następujące, bardziej rygorystyczne kryteria akceptacji zmęczenia materiału:

$C_w$  powinno być mniejsze lub równe 0,1.

Prognozowany czas rozwoju uszkodzenia, od założonej wady początkowej do osiągnięcia stanu krytycznego, powinien być nie krótszy niż trzykrotność okresu eksploatacji zbiornika. (Kodeks IGF, 6.4.12.2)



Cykle odpowiedzi konstrukcji

$\sigma_0$  = najbardziej prawdopodobne naprężenie maksymalne w okresie eksploatacji statku  
Przyjęto logarytmiczną skalę cyklu odpowiedzi; wartość  $2 \times 10^5$  podano jako przykład wartości szacunkowej.

Rys 6.4.3 – Uproszczony rozkład obciążeń

### 6.4.12.3 Awaryjne warunki projektowe (Kodeks IGF, 6.4.12.3)

**6.4.12.3.1** Awaryjne warunki projektowe są to warunki projektowe dla obciążeń awaryjnych o skrajnie małym prawdopodobieństwie wystąpienia. (Kodeks IGF, 6.4.12.3.1)

**6.4.12.3.2** Analiza powinna opierać się na następujących wartościach charakterystycznych:

Obciążenia stałe	Wartości oczekiwane
Obciążenia funkcjonalne	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. (Kodeks IGF, 6.4.12.3.2)

### 6.4.13 Materiały i konstrukcja (Kodeks IGF, 6.4.13)

#### 6.4.13.1 Materiały (Kodeks IGF, 6.4.13.1)

##### 6.4.13.1.1 Materiały tworzące konstrukcję statku (Kodeks IGF, 6.4.13.1.1)

**6.4.13.1.1.1** W celu określenia klasy blach i kształtowników stosowanych w konstrukcji kadłuba należy przeprowadzić obliczenia temperaturowe dla wszystkich typów zbiorników. Do obliczeń przyjmuje się następujące założenia:

- .1 Należy przyjąć, że temperatura bariery pierwotnej dla wszystkich zbiorników będzie odpowiadała temperaturze skroplonego paliwa gazowego.
- .2 W uzupełnieniu .1 powyżej, jeśli wymagana jest pełna lub częściowa bariera wtórna, to należy przyjąć, że ma ona temperaturę skroplonego paliwa gazowego przy ciśnieniu atmosferycznym tylko dla jednego zbiornika.
- .3 W przypadku żeglugi nieograniczonej należy przyjąć, że temperatura otoczenia wynosi 5°C dla powietrza oraz 0°C dla wody morskiej. Wyższe wartości mogą zostać zaakceptowane w przypadku statków eksploatowanych w rejonach ograniczonych i odwrotnie, niższe temperatury mogą być narzucone przez Administrację w przypadku statków eksploatowanych w rejonach, w których spodziewane są niższe temperatury w miesiącach zimowych.
- .4 Należy przyjąć warunki spokojnego powietrza i wody morskiej, tzn. żadnych poprawek na konwekcję wymuszoną.
- .5 Należy przyjąć pogorszenie właściwości izolacji termicznej w okresie eksploatacji statku pod wpływem takich czynników, jak starzenie termiczne i mechaniczne, zbijanie się/zagęszczanie izolacji, 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 powstających z wyciekającego skroplonego paliwa gazowego.
- .7 Ogrzewanie kadłuba można uwzględnić zgodnie z 6.4.13.1.1.3, jeśli urządzenia grzewcze spełniają wymagania 6.4.13.1.1.4.
- .8 Nie należy uwzględniać jakichkolwiek urządzeń grzewczych, z wyjątkiem jak opisano w 6.4.13.1.1.3.
- .9 W przypadku elementów łączących kadłub wewnętrzny z zewnętrznym, do określenia gatunku stali można przyjąć temperaturę średnią. (Kodeks IGF, 6.4.13.1.1.1)

**6.4.13.1.1.2** Materiały wszystkich konstrukcji kadłuba, dla których temperatura obliczona dla warunków projektowych jest niższa niż 0°C, ze względu na wpływ temperatury skroplonego paliwa gazowego powinny być zgodne z tabelą 7.5. Obejmuje to konstrukcję kadłuba podpierającą zbiorniki skroplonego paliwa gazowego, poszycie dna wewnętrznego, poszycie grodzi wzdłużnej, poszycie grodzi poprzecznej, denniki, wręgi ramowe, wzdłużniki i wszystkie zamocowane elementy usztywniające. (Kodeks IGF, 6.4.13.1.1.2)

**6.4.13.1.1.3** Mogą być zastosowane urządzenia do ogrzewania materiałów konstrukcyjnych, aby temperatura materiału nie spadła poniżej wartości minimalnej dopuszczalnej dla danego gatunku materiału, podanej w tabeli 7.5. W obliczeniach wymaganych w 6.4.13.1.1.1 można uwzględnić takie ogrzewanie zgodnie z poniższymi zasadami:

- .1 dla każdej poprzecznej konstrukcji kadłuba;
- .2 dla wzdłużnej konstrukcji kadłuba, wymienionej w 6.4.13.1.1.2, gdzie określono niższe temperatury otoczenia, pod warunkiem że materiał pozostaje odpowiedni do warunków temperatur otoczenia wynoszących 5°C dla powietrza oraz 0°C dla wody morskiej, bez uwzględniania w obliczeniach ogrzewania; oraz
- .3 alternatywnie do 6.4.13.1.1.3.2, w przypadku grodzi wzdłużnej pomiędzy zbiornikami skroplonego paliwa gazowego można uwzględnić ogrzewanie, pod warunkiem że materiał pozostaje odpowiedni dla minimalnej temperatury projektowej minus 30°C lub temperatury o 30°C niższej od określonej w 6.4.13.1.1.1 z uwzględnieniem ogrzewania, przyjmując tą wartość, która jest niższa. W takim przypadku wytrzymałość wzdłużna statku powinna być zgodna z prawidłem II-1/3-1 Konwencji SOLAS, zarówno w przypadku gdy te grodzie są uważane za efektywne, jak i nie. (Kodeks IGF, 6.4.13.1.1.3)

**6.4.13.1.1.4** Urządzenia grzewcze, o których mowa w 6.4.13.1.1.3 powinny spełniać następujące wymagania:

- .1 system grzewczy powinien być tak zaprojektowany, aby w przypadku awarii którejkolwiek z jego części, ogrzewanie rezerwowe mogło być utrzymane na poziomie nie mniejszym niż 100% teoretycznego zapotrzebowania na ciepło;
- .2 system grzewczy powinien być traktowany jako ważny system pomocniczy. Wszystkie elementy elektryczne co najmniej jednego z systemów przewidzianych zgodnie z 6.4.13.1.1.3.1 powinny być zasilane z awaryjnego źródła energii elektrycznej; oraz
- .3 projekt i konstrukcja systemu grzewczego powinny być uwzględnione w zatwierdzeniu systemu magazynowania przez Administrację. (Kodeks IGF, 6.4.13.1.1.4)

**6.4.13.2 Materiały barier pierwotnych i wtórnych** (Kodeks IGF, 6.4.13.2)

**6.4.13.2.1** Materiały metalowe stosowane do budowy barier pierwotnych i wtórnych nietworzących konstrukcji kadłuba powinny być odpowiednie do obciążeń projektowych, którym mogą być poddane i powinny być zgodne z tabelami 7.1, 7.2 lub 7.3. (Kodeks IGF, 6.4.13.2.1)

**6.4.13.2.2** Materiały, niezależnie od tego czy metalowe, czy niemetalowe, ale nieobjęte tabelami 7.1, 7.2 lub 7.3, stosowane w barierach pierwotnych i wtórnych, mogą być zatwierdzone przez Administrację z uwzględnieniem obciążeń projektowych, którym mogą być poddane, ich właściwości oraz ich przeznaczenia. (Kodeks IGF, 6.4.13.2.2)

**6.4.13.2.3** W przypadku, gdy materiały niemetalowe\*, w tym kompozyty, stosowane są do wykonania lub wbudowania w barierę pierwotną lub wtórną, to powinny być one poddane badaniom pod kątem następujących właściwości, jeśli ma to zastosowanie, w celu upewnienia się, że są odpowiednie do zamierzonego zastosowania:

- .1 kompatybilność ze skroplonymi paliwami gazowymi;
- .2 starzenie się;
- .3 właściwości mechaniczne;
- .4 rozszerzalność i kurczliwość cieplna;
- .5 ścieralność;
- .6 spójność;
- .7 odporność na wibracje;
- .8 odporność na ogień i rozprzestrzenianie się płomienia; oraz
- .9 odporność na zniszczenie zmęczeniowe i propagację pęknięć. (Kodeks IGF, 6.4.13.2.3)

---

\* Patrz podrozdział 6.4.16.

**6.4.13.2.4** Powyższe właściwości, jeśli ma to zastosowanie, powinny być badane w zakresie pomiędzy przewidywaną maksymalną temperaturą eksploatacyjną a temperaturą niższą o 5°C od minimalnej temperatury projektowej, ale nie niższą niż minus 196°C. (Kodeks IGF, 6.4.13.2.4)

**6.4.13.2.5** Jeśli na barierę pierwotną i wtórną stosowane są materiały niemetalowe, w tym kompozyty, to procesy łączenia powinny być również badane, jak opisano powyżej. (Kodeks IGF, 6.4.13.2.5)

**6.4.13.2.6** Można rozważyć użycie materiałów na barierę pierwotną i wtórną, które nie są odporne na ogień i rozprzestrzenianie się płomienia, pod warunkiem że są one chronione przez odpowiedni system, taki jak stałe środowisko gazu obojętnego lub są wyposażone w barierę ognioodporną. (Kodeks IGF, 6.4.13.2.6)

### **6.4.13.3 Izolacja termiczna i inne materiały stosowane w systemach magazynowania skroplonego paliwa gazowego (Kodeks IGF, 6.4.13.3)**

**6.4.13.3.1** Przenosząca obciążenia izolacja termiczna i inne materiały stosowane w systemach magazynowania skroplonego paliwa gazowego powinny być odpowiednie do obciążeń projektowych. (Kodeks IGF, 6.4.13.3.1)

**6.4.13.3.2** Izolacja termiczna i inne materiały stosowane w systemach magazynowania skroplonego paliwa gazowego powinny mieć następujące właściwości, jeśli ma to zastosowanie, w celu zapewnienia, że są one odpowiednie do zamierzonego zastosowania:

- .1 kompatybilność ze skroplonymi paliwami gazowymi;
- .2 rozpuszczalność w skroplonym paliwie gazowym;
- .3 absorpcja skroplonego paliwa gazowego;
- .4 kurczliwość;
- .5 starzenie się;
- .6 zawartość struktury zamkniętych komórek;
- .7 gęstość;
- .8 właściwości mechaniczne w takim zakresie, w jakim są one poddane działaniu paliwa gazowego i innym obciążeniom, rozszerzalność cieplna i kurczliwość;
- .9 ścieralność;
- .10 spójność;
- .11 przewodność cieplna;
- .12 odporność na wibracje;
- .13 odporność na ogień i rozprzestrzenianie się płomienia: oraz
- .14 odporność na zniszczenie zmęczeniowe i propagację pęknięć. (Kodeks IGF, 6.4.13.3.2)

**6.4.13.3.3** Powyższe właściwości, jeśli ma to zastosowanie, powinny być badane w zakresie pomiędzy przewidywaną maksymalną temperaturą eksploatacyjną a temperaturą niższą o 5°C od minimalnej temperatury projektowej, ale nie niższą niż minus 196°C. (Kodeks IGF, 6.4.13.3.3)

**6.4.13.3.4** Ze względu na lokalizację lub warunki środowiskowe materiały termoizolacyjne powinny mieć odpowiednie właściwości odporności na ogień i rozprzestrzenianie się płomienia oraz powinny być odpowiednio zabezpieczone przed wnikaniem pary wodnej i uszkodzeniami mechanicznymi. W przypadku gdy izolacja termiczna umieszczona jest na lub nad pokładem otwartym i w miejscach przejść przez pokrywy zbiorników, powinna ona mieć odpowiednie właściwości ognioodporności, zgodnie z uznaną normą lub być pokryta materiałem o własnościach wolno rozprzestrzeniających płomień i tworzącym skuteczne uznane uszczelnienie dla par. (Kodeks IGF, 6.4.13.3.4)

**6.4.13.3.5** Izolacja termiczna, która nie spełnia uznanych norm odporności ogniowej, może być stosowana w przestrzeniach magazynowych paliwa, które nie są stale zubożone, pod warunkiem że jej powierzchnie pokryte są materiałem o własnościach wolno rozprzestrzeniających płomień i tworzącym skuteczne uznane uszczelnienie dla par. (Kodeks IGF, 6.4.13.3.5)

**6.4.13.3.6** Badania przewodności cieplnej izolacji termicznej powinny być przeprowadzane na odpowiednio starzonych próbkach. (Kodeks IGF, 6.4.13.3.6)

**6.4.13.3.7** W przypadku stosowania izolacji termicznej w postaci proszku lub granulatu należy zapewnić środki służące zmniejszeniu zbijania się/zagęszczania podczas eksploatacji oraz utrzymaniu wymaganej przewodności cieplnej, a także zapobieganiu nadmiernemu wzrostowi nacisku na system magazynowania skroplonego paliwa gazowego. (Kodeks IGF, 6.4.13.3.7)

## **6.4.14 Procesy budowy** (Kodeks IGF, 6.4.14)

### **6.4.14.1 Projektowanie złączy spawanych** (Kodeks IGF, 6.4.14.1)

**6.4.14.1.1** Wszystkie połączenia spawane płaszczy zbiorników niezależnych powinny być wykonane spoiną doczołową w płaszczyźnie z pełnym przetopem. Tylko w przypadku połączeń płaszcza z kopułą mogą być stosowane spoiny teowe z pełnym przetopem, w zależności od wyników badań przeprowadzonych przy zatwierdzaniu technologii spawania. Z wyjątkiem małych przejść na kopułach, spoiny króćców także należy projektować z pełnym przetopem. (Kodeks IGF, 6.4.14.1.1)

**6.4.14.1.2** Szczegóły połączeń spawanych zbiorników niezależnych typu C oraz szczelnych dla cieczy barier pierwotnych zbiorników niezależnych typu B, zbudowanych głównie z zakrzywionych powierzchni, powinny być następujące:

- .1** Wszystkie złącza wzdłużne i obwodowe powinny być spawane doczołowo, z pełnym przetopem, z podwójnym lub pojedynczym ukosowaniem. Spoiny doczołowe z pełnym przetopem powinny być uzyskane przez spawanie dwustronne lub przez zastosowanie podkładek pierścieniowych. Podkładki pierścieniowe, jeśli zostały zastosowane, powinny być usunięte, z wyjątkiem bardzo małych technologicznych zbiorników ciśnieniowych\*. W zależności od wyników badań przeprowadzonych przy zatwierdzaniu procedur spawalniczych, można zezwolić na inne przygotowanie krawędzi. W przypadku połączeń poszycia zbiornika z grodzią wzdłużną zbiorników podwójnych (bilobe) typu C można zaakceptować spoiny teowe z pełnym przetopem.

\* W przypadku zbiorników izolowanych próżniowo bez włazów, połączenia wzdłużne i obwodowe powinny spełniać wyżej wymienione wymagania, z wyjątkiem spoiny montażowej płaszcza zewnętrznego, która może być spawana jednostronnie z podkładkami pierścieniowymi.

- .2** Ukosowanie krawędzi połączeń między korpusem zbiornika a kopułami oraz między kopułami a odpowiednimi elementami mocującymi powinno być zaprojektowane zgodnie z normami uznanymi przez Administrację. Wszystkie spoiny łączące króćce, kopuły lub inne przejścia na zbiornika oraz wszystkie spoiny łączące kołnierze ze zbiornikiem lub króćcami powinny być spoinami z pełnym przetopem. (Kodeks IGF, 6.4.14.1.1)

### **6.4.14.2 Projektowanie połączeń klejonych oraz innych procesów łączenia** (Kodeks IGF, 6.4.14.2)

**6.4.14.2.1** Projekt połączenia klejonego (lub łączenia w inny sposób niż spawanie) powinien uwzględniać charakterystyki wytrzymałościowe procesu łączenia. (Kodeks IGF, 6.4.14.2.1)

## **6.4.15 Typy zbiorników** (Kodeks IGF, 6.4.15)

### **6.4.15.1 Zbiorniki niezależne typu A** (Kodeks IGF, 6.4.15.1)

#### **6.4.15.1.1 Podstawa projektowa** (Kodeks IGF, 6.4.15.1.1)

**6.4.15.1.1.1** Zbiorniki niezależne typu A są to zbiorniki zaprojektowane przede wszystkim z zastosowaniem klasycznych procedur analizy konstrukcji statku, zgodnie z wymaganiami Administracji. Jeżeli takie zbiorniki są zbudowane zasadniczo z powierzchni płaskich, to projektowa prężność par  $P_0$  powinna być mniejsza niż 0,07 MPa. (Kodeks IGF, 6.4.15.1.1.1)

**6.4.15.1.1.2** Wymagana jest pełna bariera wtórna, jak określono w 6.4.3. Bariera wtórna powinna być zaprojektowana zgodnie z 6.4.4. (Kodeks IGF, 6.4.15.1.1.2)

#### **6.4.15.1.2 Analiza konstrukcji** (Kodeks IGF, 6.4.15.1.2)

**6.4.15.1.2.1** Analizę konstrukcji należy przeprowadzić z uwzględnieniem ciśnienia wewnętrznego, jak podano w 6.4.9.3.3.1 oraz obciążeń od wzajemnych oddziaływań z systemem podpierającym i mocującym, a także z odpowiednią częścią kadłuba statku. (Kodeks IGF, 6.4.15.1.2.1)

**6.4.15.1.2.2** W przypadku części, takich jak konstrukcja w rejonie podpór nieobjętych wymaganiami niniejszej *Publikacji* (Kodeksu), naprężenia należy określać bezpośrednimi obliczeniami z uwzględnieniem obciążeń określonych w punktach 6.4.9.2 do 6.4.9.5, na ile ma to zastosowanie, oraz ugięć statku w rejonie podpór. (Kodeks IGF, 6.4.15.2.2)

**6.4.15.1.2.3** Zbiorniki wraz z podporami powinny być zaprojektowane na obciążenia awaryjne podane w 6.4.9.5. Obciążenia te nie muszą być łączone ze sobą ani z obciążeniami środowiskowymi. (Kodeks IGF, 6.4.15.2.3)

#### **6.4.15.1.3 Graniczne warunki projektowe** (Kodeks IGF, 6.4.15.1.3)

**6.4.15.1.3.1** W przypadku zbiorników zbudowanych zasadniczo z płaskich powierzchni, nominalne naprężenia membranowe dla elementów głównych i pomocniczych (usztywnień, wręgów ramowych, wzdłużników), jeśli są obliczane za pomocą klasycznych procedur analitycznych, nie powinny przekraczać niższej z wartości  $R_m/2,66$  lub  $R_e/1,33$  dla stali nikielowych, stali węglowo-manganowych, stali austenitycznych i stopów aluminium, gdzie  $R_m$  i  $R_e$  zostały zdefiniowane w 6.4.12.1.1.3. Jeśli jednak szczegółowe obliczenia zostaną przeprowadzone dla elementów głównych, to naprężenia zredukowane  $\sigma_c$ , jak określono w 6.4.12.1.1.4, mogą być zwiększone powyżej naprężeń wskazanych wyżej do wartości naprężeń uznanych przez Administrację. W obliczeniach należy uwzględnić skutki zginania, ścinania, odkształceń osiowych i skrętnych oraz siły wzajemnego oddziaływania kadłuba ze zbiornikiem skroplonego paliwa gazowego wynikające z ugięcia konstrukcji kadłuba oraz dna zbiornika paliwa gazowego. (Kodeks IGF, 6.4.15.1.3.1)

**6.4.15.1.3.2** Wymiary ścian zbiorników powinny spełniać co najmniej wymagania Administracji dotyczące zbiorników wysokich, z uwzględnieniem ciśnienia wewnętrznego określonego w 6.4.9.3.3.1, oraz wszelkich naddatków na korozję wymaganych w 6.4.1.7. (Kodeks IGF, 6.4.15.1.3.2)

**6.4.15.1.3.3** Konstrukcja zbiornika skroplonego paliwa gazowego powinna być poddana ocenie pod kątem potencjalnych wyboczeń. (Kodeks IGF, 6.4.15.1.3.3)

#### **6.4.15.1.4 Awaryjne warunki projektowe** (Kodeks IGF, 6.4.15.1.4)

**6.4.15.1.4.1** Zbiorniki i wsporniki zbiorników powinny być zaprojektowane na obciążenia awaryjne i warunki projektowe określone odpowiednio w 6.4.9.5 i 6.4.1.6.3. (Kodeks IGF, 6.4.15.1.4.1)

**6.4.15.1.4.2** Gdy są one poddane obciążeniom awaryjnym określonym w 6.4.9.5, naprężenia powinny odpowiadać kryteriom akceptacji podanym w 6.4.15.1.3, odpowiednio zmodyfikowanym z uwzględnieniem mniejszego prawdopodobieństwa ich wystąpienia. (Kodeks IGF, 6.4.15.1.4.2)

#### **6.4.15.2 Zbiorniki niezależne typu B** (Kodeks IGF, 6.4.15.2)

##### **6.4.15.2.1 Podstawa projektowa** (Kodeks IGF, 6.4.15.2.1)

**6.4.15.2.1.1** Zbiorniki niezależne typu B są to zbiorniki zaprojektowane przy zastosowaniu badań modelowych, ulepszonych narzędzi analitycznych i metod analitycznych, w celu określenia poziomu naprężeń, trwałości zmęczeniowej i charakterystyki propagacji pęknięć. Jeżeli takie zbiorniki są zbudowane zasadniczo z powierzchni płaskich (zbiorniki pryzmatyczne), to projektowa prężność par  $P_0$  powinna być mniejsza niż 0,07 MPa. (Kodeks IGF, 6.4.15.2.1.1)

**6.4.15.2.1.2** Wymagana jest częściowa bariera wtórna z systemem ochronnym, jak określono w 6.4.3. System ochrony przed małymi wyciekami należy zaprojektować zgodnie z 6.4.5. (Kodeks IGF, 6.4.15.2.1.2)

**6.4.15.2.2 Analiza konstrukcji** (Kodeks IGF, 6.4.15.2.2)

**6.4.15.2.2.1** Wpływ wszystkich obciążeń dynamicznych i statycznych należy wykorzystać do określenia przydatności konstrukcji pod względem:

- .1 odkształceń plastycznych;
- .2 wyboczenia;
- .3 uszkodzeń zmęczeniowych; oraz
- .4 propagacji pęknięć.

Należy przeprowadzić analizę metodą elementów skończonych lub podobnymi metodami oraz analizę mechaniki pękania lub stosując równoważne podejście. (Kodeks IGF, 6.4.15.2.2.1)

**6.4.15.2.2.2** W celu oceny poziomów naprężeń należy przeprowadzić trójwymiarową analizę z uwzględnieniem wzajemnych oddziaływań z kadłubem statku. Model do tej analizy powinien uwzględniać zbiornik skroplonego paliwa gazowego z jego systemem podpierającym i mocującym, a także odpowiednio duży fragment kadłuba. (Kodeks IGF, 6.4.15.2.2.2)

**6.4.15.2.2.3** Należy przeprowadzić pełną analizę przyspieszeń oraz ruchów danego statku na fali nieregularnej, a także odpowiedzi statku i jego zbiorników skroplonego paliwa gazowego na te siły i ruchy, chyba że dostępne są takie dane ze statków podobnych. (Kodeks IGF, 6.4.15.2.2.3)

**6.4.15.2.3 Graniczne warunki projektowe** (Kodeks IGF, 6.4.15.2.3)

**6.4.15.2.3.1 Odkształcenia plastyczne**

W przypadku zbiorników niezależnych typu B, zbudowanych głównie z figur obrotowych, naprężenia dopuszczalne nie powinny przekraczać poniższych wartości:

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

gdzie:

- $\sigma_m$  = podstawowe zredukowane ogólne naprężenia membranowe;  
 $\sigma_L$  = podstawowe zredukowane lokalne naprężenia membranowe;  
 $\sigma_b$  = podstawowe zredukowane naprężenia zginające;  
 $\sigma_g$  = zredukowane naprężenia 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  $\sigma_m$ ,  $\sigma_L$ ,  $\sigma_g$ , patrz także definicje kategorii naprężeń podane w 6.4.15.2.3.6.

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

	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 liczby mogą zostać zmienione, biorąc pod uwagę rozpatrywane warunki projektowe, po 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 dla stali niklowych oraz stali węglowo-manganowych, mniejszej z wartości  $R_m/2$  lub  $R_e/1,2$ ;
- .2 dla stali austenitycznych, mniejszej z wartości  $R_m/2,5$  lub  $R_e/1,2$ ; oraz
- .3 dla stopów aluminium, mniejszej z wartości  $R_m/2,5$  lub  $R_e/1,2$ .

Powyższe liczby mogą zostać zmienione, biorąc pod uwagę lokalizację naprężeń, metody analizy naprężeń oraz rozpatrywane warunki projektowe, po uzgodnieniu z Administracją.

Grubość płyt poszycia oraz wymiary usztywnień nie powinny być mniejsze od tych wymaganych dla zbiorników niezależnych typu A. (Kodeks IGF, 6.4.15.2.3.1)

#### 6.4.15.2.3.2 Wyboczenie

Analizę wytrzymałości na wyboczenie zbiorników skroplonego paliwa gazowego poddanych ciśnieniu zewnętrznemu i innym obciążeniom powodującym naprężenia ściskające należy przeprowadzić zgodnie z uznanymi normami. Metoda analizy powinna odpowiednio uwzględniać różnice w teoretycznym i rzeczywistym naprężeniu wyboczeniowym, wynikającym odpowiednio z braku wyrównania krawędzi płyt w jednej płaszczyźnie, braku prostoliniowości lub płaskości, owalności oraz odchylenia od rzeczywistego kształtu kołowego na określonym łuku lub długości cięciwy, stosownie do przypadku.

#### 6.4.15.2.3.3 Zmęczeniowe warunki projektowe (Kodeks IGF, 6.4.15.2.3.3)

**6.4.15.2.3.3.1** Ocenę zmęczenia i propagacji pęknięć należy przeprowadzić zgodnie z wymaganiami w 6.4.12.2. Kryteria akceptacji powinny być zgodne z 6.4.12.2.7, 6.4.12.2.8 lub 6.4.12.2.9, w zależności od możliwości wykrycia wady. (Kodeks IGF, 6.4.15.2.3.3.1)

**6.4.15.2.3.3.2** Analiza wytrzymałości zmęczeniowej powinna uwzględniać tolerancje wykonawcze. (Kodeks IGF, 6.4.15.2.3.3.2)

**6.4.15.2.3.3.3** W przypadku gdy Administracja uzna to za konieczne, mogą być wymagane badania modelowe w celu określenia współczynników koncentracji naprężeń oraz trwałości zmęczeniowej elementów konstrukcyjnych. (Kodeks IGF, 6.4.15.2.3.3.3)

#### 6.4.15.2.3.4 Awaryjne warunki projektowe (Kodeks IGF, 6.4.15.2.3.4)

**6.4.15.2.3.4.1** Zbiorniki i ich podpory powinny być zaprojektowane na obciążenia awaryjne oraz warunki projektowe podane odpowiednio w 6.4.9.5 oraz 6.4.1.6.3. (Kodeks IGF, 6.4.15.2.3.4.1)

**6.4.15.2.3.4.2** Gdy są one poddane obciążeniom awaryjnym określonym w 6.4.9.5, naprężenia powinny spełniać kryteria akceptacji podane w 6.4.15.2.3, odpowiednio zmodyfikowanym z uwzględnieniem mniejszego prawdopodobieństwa ich wystąpienia. (Kodeks IGF, 6.4.15.2.3.4.2)



#### 6.4.15.2.3.5 Znakowanie

Wszelkie oznakowania zbiornika ciśnieniowego powinny być wykonane metodą, która nie powoduje niedopuszczalnych wzrostów naprężeń lokalnych. (Kodeks IGF, 6.4.15.2.3.5)

#### 6.4.15.2.3.6 Kategorie naprężeń

W celu oceny naprężeń, kategorie naprężeń zostały zdefiniowane w tej sekcji w następujący sposób:

- .1 *Naprężenia normalne* są składową naprężeń prostopadłą do płaszczyzny odniesienia.
- .2 *Naprężenia membranowe* są składową naprężeń normalnych, która jest rozłożona równomiernie i równa średniej wartości naprężeń na grubości rozpatrywanego przekroju.
- .3 *Naprężenia zginające* są naprężeniami zmiennymi na grubości rozpatrywanego przekroju, po odjęciu naprężeń membranowych.
- .4 *Naprężenia ścinające* są składową naprężeń działającą w płaszczyźnie odniesienia.
- .5 *Naprężenia podstawowe* są to naprężenia wywołane zadaniem obciążeniem, które są niezbędne do zrównoważenia sił i momentów zewnętrznych. Podstawową cechą naprężeń podstawowych jest to, że nie są one samoograniczające. Naprężenia podstawowe, które znacznie przekraczają granicę plastyczności, powodują zniszczenie lub co najmniej znaczne odkształcenia.
- .6 *Podstawowe ogólne naprężenia membranowe* są podstawowymi naprężeniami membranowymi tak rozłożonymi w konstrukcji, że nie występuje ponowny rozdział obciążeń w wyniku przekroczenia granicy plastyczności.
- .7 *Podstawowe lokalne naprężenia membranowe* powstają, gdy naprężenia membranowe wywołane ciśnieniem lub innym obciążeniem mechanicznym i związane z obciążeniami pierwszorzędowymi lub efektem nieciągłości powodują nadmierne zniekształcenie przeniesienia obciążeń na inne fragmenty konstrukcji. Takie naprężenia są klasyfikowane jako podstawowe lokalne naprężenia membranowe, mimo że mają one pewne cechy naprężeń wtórnych. Obszar występowania naprężeń może być uznany jako lokalny, 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 naprężenia zredukowane przekraczają  $1,1f$ ;

$S_2$  = odległość w kierunku południkowym do innego obszaru, w którym przekroczone są granice podstawowych ogólnych naprężeń membranowych;

$R$  = średni promień zbiornika;

$t$  = grubość ścianki zbiornika w miejscu przekroczenia granicy podstawowych ogólnych naprężeń membranowych; oraz

$f$  = dopuszczalne podstawowe ogólne naprężenia membranowe.

- .8 *Naprężenia wtórne* są naprężeniami normalnymi lub naprężeniami ścinającymi wywołanymi przez więzy nałożone przez sąsiednie elementy lub przez więzy własne konstrukcji. Podstawową cechą naprężeń wtórnych jest to, że są one samoograniczające. Wystąpienie tych naprężeń może być związane z lokalnym przekroczeniem granicy plastyczności oraz niewielkimi odkształceniami. (Kodeks IGF, 6.4.15.2.3.5)

### 6.4.15.3 Zbiorniki niezależne typu C (Kodeks IGF, 6.4.15.3)

#### 6.4.15.3.1 Podstawa projektowa (Kodeks IGF, 6.4.15.3.1)

**6.4.15.3.1.1** Podstawa projektowa zbiorników niezależnych typu C oparta jest na kryteriach dotyczących zbiorników ciśnieniowych zmodyfikowanych tak, aby uwzględniały mechanikę pęknięć i kryteria propagacji pęknięć. Minimalne ciśnienie projektowe określone w 6.4.15.3.1.2 ma zapewnić, że naprężenia dynamiczne są wystarczająco niskie tak, aby początkowa wada powierzchniowa nie rozprzestrzeniła się na więcej niż połowę grubości poszycia zbiornika w okresie jego eksploatacji. (Kodeks IGF, 6.4.15.3.1.1)

**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:

$$A = 0,00185 \left( \frac{\sigma_m}{\Delta\sigma_A} \right)^2$$

przy czym:

$\sigma_m$  = projektowe podstawowe naprężenia membranowe;

$\Delta\sigma_A$  = dopuszczalne dynamiczne naprężenia membranowe (podwójna amplituda na poziomie prawdopodobieństwa  $Q = 10^{-8}$ ) i równe:

- 55 N/mm<sup>2</sup> dla stali ferrytyczno-perlitycznych, martenzytycznych i austenitycznych;
- 25 N/mm<sup>2</sup> dla stopów aluminium (5083-O);

$C$  = charakterystyczny wymiar zbiornika przyjęty jako największy z poniższych:

$h$ ,  $0,75b$  lub  $0,45l$ ,

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];

$\rho_r$  = gęstość względna ładunku ( $\rho_r = 1$  dla wody słodkiej) w temperaturze projektowej. (Kodeks IGF, 6.4.15.3.1.2)

#### 6.4.15.3.2 Grubość poszycia (Kodeks IGF, 6.4.15.3.2)

**6.4.15.3.2.1** Przy rozpatrywaniu grubości poszycia mają zastosowanie następujące wymagania:

- .1 dla zbiorników ciśnieniowych grubość obliczana zgodnie z 6.4.15.3.2.4 powinna być traktowana jako minimalna grubość po wykonaniu, bez tolerancji ujemnych;
- .2 dla zbiorników ciśnieniowych minimalna grubość płaszcza i górnej części zbiornika, wraz z nadatkiem korozyjnym, po wykonaniu, nie powinna być mniejsza niż 5 mm dla stali węglowo-manganowych i niklowych, 3 mm dla stali austenitycznych i 7 mm dla stopów aluminium; oraz
- .3 współczynnik sprawności złącza spawanego, stosowany w obliczeniach zgodnie z 6.4.15.3.2.4, powinien wynosić 0,95, gdy przeprowadzane są inspekcje i badania nieniszczące, o których mowa w 16.3.6.4. Wartość tą można zwiększyć do 1,0, jeśli weźmie się pod uwagę inne czynniki, takie jak stosowany materiał, typ złącza, procedurę spawalniczą oraz rodzaj obciążenia. Dla 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 zastosowany materiał, temperatura projektowa, temperatura przejścia materiału w stan zerowej plastyczności w stanie dostawy

oraz typ połączenia i procedura spawalnicza, jednak w tym przypadku należy przyjmować współczynnik sprawności nie większy niż 0,85. W przypadku materiałów specjalnych, powyższe współczynniki należy zmniejszyć, w zależności od określonych właściwości mechanicznych złącza spawanego. (Kodeks IGF, 6.4.15.3.2.1)

**6.4.15.3.2.2** W obliczeniach ciśnienia wewnętrznego należy uwzględnić projektowe ciśnienie cieczy, określone w 6.4.9.3.3.1. (Kodeks IGF, 6.4.15.3.2.2)

**6.4.15.3.2.3** Projektowe ciśnienie zewnętrzne  $P_e$ , stosowane do sprawdzania wyboczenia zbiorników ciśnieniowych, powinno być nie mniejsze niż określone ze wzoru:

$$P_e = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 \text{ [MPa]}$$

gdzie:

$P_1$  = wartość nastawy zaworów nadmiarowych podciśnienia. W przypadku zbiorników niewyposażonych w zawory nadmiarowe podciśnienia,  $P_1$  podlega specjalnemu rozpatrzeniu, jednak zasadniczo nie powinna ono być mniejsze niż 0,025 MPa;

$P_2$  = ciśnienie nastawy zaworu nadmiarowego ciśnienia (PRV) dla całkowicie zamkniętych przestrzeni, w których znajdują się zbiorniki ciśnieniowe lub części zbiorników ciśnieniowych; w pozostałych przypadkach należy przyjmować  $P_2 = 0$ ;

$P_3$  = oddziaływania ściskające w lub na płaszczyźnie zbiornika spowodowane ciężarem oraz kurczeniem się izolacji termicznej, ciężarem płaszczyzny zbiornika, uwzględniającym naddatki na korozję i innymi różnymi zewnętrznymi obciążeniami ciśnieniowymi, którym zbiornik może być poddany. Obejmują one, co najmniej, ciężar kopuły, ciężar kolumn i rurociągów, oddziaływanie produktu w stanie częściowego załadunku, przyspieszenia i ugięcie kadłuba. Dodatkowo, należy uwzględnić lokalne oddziaływanie ciśnień zewnętrznych lub wewnętrznych, lub ich obu.

$P_4$  = ciśnienie zewnętrzne wywołane naporem słupa wody na zbiorniki ciśnieniowe lub części zbiorników ciśnieniowych znajdujące się na odsłoniętych pokładach; w pozostałych przypadkach należy przyjmować  $P_4 = 0$ . (Kodeks IGF, 6.4.15.3.2.3)

**6.4.15.3.2.4** Wymiary w oparciu o ciśnienie wewnętrzne należy obliczać w następujący sposób:

Należy określić grubość i kształt części zbiorników ciśnieniowych znajdujących się pod ciśnieniem wewnętrznym, jak określono w 6.4.9.3.3.1, łącznie z kołnierzami. Obliczenia te, we wszystkich przypadkach, powinny opierać się na przyjętej teorii projektowania zbiorników ciśnieniowych. Otwory w częściach zbiorników ciśnieniowych znajdujących się pod ciśnieniem powinny być wzmocnione zgodnie z uznaną normą akceptowaną przez Administrację. (Kodeks IGF, 6.4.15.3.2.4)

**6.4.15.3.2.5** Analizę naprężeń w zakresie obciążeń statycznych i dynamicznych należy przeprowadzić w następujący sposób:

1. wymiary elementów konstrukcyjnych zbiorników ciśnieniowych należy określać zgodnie z 6.4.15.3.2.1 do 6.4.15.3.2.4 i 6.4.15.3.3;
2. należy wykonać obliczenia obciążeń i naprężeń w rejonie podpór i zamocowania podpór do poszycia. Należy stosować odpowiednio obciążenia, o których mowa w 6.4.9.2 do 6.4.9.5. Naprężenia w rejonie podpór powinny odpowiadać uznanej normie akceptowalnej przez Administrację. W szczególnych przypadkach Administracja może wymagać przeprowadzenia analizy zmęczeniowej; oraz
3. jeżeli jest to wymagane przez Administrację, należy szczególnie uwzględnić naprężenia wtórne i naprężenia termiczne. (Kodeks IGF, 6.4.15.3.2.5)

### 6.4.15.3.3 Graniczne warunki projektowe

#### 6.4.15.3.3.1 Odkształcenia plastyczne

Dla zbiorników niezależnych typu C, naprężenia dopuszczalne nie powinny przekraczać:

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

gdzie:

- $\sigma_m$  = podstawowe zredukowane ogólne naprężenia membranowe;
- $\sigma_L$  = podstawowe zredukowane lokalne naprężenia membranowe;
- $\sigma_b$  = podstawowe zredukowane naprężenia zginające;
- $\sigma_g$  = zredukowane naprężenia wtórne; oraz
- $f$  = mniejsza z wartości  $R_m/A$  lub  $R_e/B$ ,

$R_m$  i  $R_e$ , jak określono w 6.4.12.1.1.3. W odniesieniu do naprężeń  $\sigma_m$ ,  $\sigma_L$ ,  $\sigma_g$ ,  $\sigma_b$ , patrz także definicje kategorii naprężeń podane w 6.4.15.2.3.6. Parametry A i B powinny mieć co najmniej następujące wartości minimalne: (Kodeks IGF, 6.4.15.3.3.1)

	Stale nikielowe 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 Kryteria wyboczenia powinny być następujące:

Grubość i kształt zbiorników ciśnieniowych poddanych ciśnieniu zewnętrznemu oraz innym obciążeniom powodującym naprężenia ściskające powinny być oparte na obliczeniach z wykorzystaniem zaakceptowanej teorii wyboczenia zbiornika ciśnieniowego i powinny one odpowiednio uwzględniać różnicę w teoretycznym i rzeczywistym naprężeniu wybaczącym, powstałymi w wyniku braku wyrównania krawędzi płyt w jednej płaszczyźnie, owalności oraz odchylenia od rzeczywistego kształtu kołowego na określonym łuku lub długości cięciwy. (Kodeks IGF, 6.4.15.3.3.2)

#### 6.4.15.3.3.4 Zmęczeniowe warunki projektowe (Kodeks IGF, 6.4.15.3.4)

**6.4.15.3.4.1** W przypadku zbiorników niezależnych typu C, gdy temperatura skroplonego paliwa gazowego przy ciśnieniu atmosferycznym wynosi poniżej minus 55°C, Administracja może wymagać dodatkowej weryfikacji w celu sprawdzenia ich zgodności z 6.4.15.3.1.1, w odniesieniu do naprężeń statycznych i dynamicznych, w zależności od wielkości zbiorników, ich konfiguracji oraz rozmieszczenia ich podpór i zamocowań. (Kodeks IGF, 6.4.15.3.4.1)

**6.4.15.3.4.2** W przypadku zbiorników z izolacją próżniową należy zwrócić szczególną uwagę na wytrzymałość zmęczeniową konstrukcji podpór oraz na ograniczone możliwości przeprowadzenia inspekcji między poszyciem zewnętrznym a wewnętrznym. (Kodeks IGF, 6.4.15.3.4.2)

#### **6.4.15.3.5 Awaryjne warunki projektowe** (Kodeks IGF, 6.4.15.3.5)

**6.4.15.3.5.1** Zbiorniki i ich podpory powinny być zaprojektowane na obciążenia awaryjne oraz warunki projektowe podane odpowiednio w 6.4.9.5 oraz 6.4.1.6.3. (Kodeks IGF, 6.4.15.3.5.1)

**6.4.15.3.5.2** W przypadku poddania elementów zbiornika obciążeniom awaryjnym 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. (Kodeks IGF, 6.4.15.3.5.2)

#### **6.4.15.3.6 Znakowanie**

Wymagane oznakowanie zbiornika ciśnieniowego powinno być wykonane metodą niepowodującą niedopuszczalnych wzrostów naprężeń lokalnych. (Kodeks IGF, 6.4.15.3.6)

#### **6.4.15.4 Zbiorniki membranowe** (Kodeks IGF, 6.4.15.4)

##### **6.4.15.4.1 Podstawa projektowa** (Kodeks IGF, 6.4.15.4.1)

**6.4.15.4.1.1** Podstawą projektową membranowych systemów magazynowania jest kompensacja termicznej i innej rozszerzalności lub kurczliwości bez nadmiernego ryzyka utraty szczelności membrany. (Kodeks IGF, 6.4.15.4.1.1)

**6.4.15.4.1.2** Należy zastosować podejście systemowe, oparte na analizie i próbach, w celu wykazania, że system będzie spełniał zamierzone funkcje, biorąc pod uwagę zdarzenia zidentyfikowane w trakcie eksploatacji, jak określono w 6.4.15.4.2.1. (Kodeks IGF, 6.4.15.4.1.2)

**6.4.15.4.1.3** Wymagana jest pełna bariera wtórna, jak określono w 6.4.3. Bariery wtórną należy zaprojektować zgodnie z 6.4.4. (Kodeks IGF, 6.4.15.4.1.3)

**6.4.15.4.1.4** Projektowa prężność par  $P_0$  nie powinna normalnie przekraczać 0,025 MPa. Jeżeli wymiary elementów konstrukcyjnych kadłuba zostaną odpowiednio zwiększone i zostanie zwrócona uwaga, w stosownych przypadkach, na wytrzymałość wspierającej izolacji cieplnej,  $P_0$  można zwiększyć do wartości wyższej, ale mniejszej niż 0,07 MPa. (Kodeks IGF, 6.4.15.4.1.4)

**6.4.15.4.1.5** Definicja zbiorników membranowych nie wyklucza takich konstrukcji, w których stosowane są membrany niemetalowe lub w których membrany są zawarte lub włączone do izolacji termicznej. (Kodeks IGF, 6.4.15.4.1.5)

**6.4.15.4.1.6** Grubość membran nie powinna normalnie przekraczać 10 mm. (Kodeks IGF, 6.4.15.4.1.6)

**6.4.15.4.1.7** Cyrkulacja gazu obojętnego w przestrzeniach izolacji bariery pierwotnej i wtórnej, zgodnie z 6.11.1, powinna być wystarczająca, aby umożliwić skuteczne wykrywanie gazu. (Kodeks IGF, 6.4.15.4.1.7)

##### **6.4.15.4.2 Zagadnienia projektowe** (Kodeks IGF, 6.4.15.4.2)

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

- .1 Graniczne zdarzenia projektowe:
  - .1 uszkodzenie membran spowodowane rozciąganiem;
  - .2 uszkodzenie kompresyjne izolacji termicznej;
  - .3 starzenie termiczne;

- .4 utrata połączenia pomiędzy izolacją termiczną a konstrukcją kadłuba;
  - .5 utrata przyczepności membran do systemu izolacji termicznej;
  - .6 integralność strukturalna konstrukcji wewnętrznych i związanych z nimi elementów podpierających; oraz
  - .7 uszkodzenie podpierającej konstrukcji kadłuba.
- .2 Zmęczeniowe zdarzenia projektowe:
- .1 zmęczenie membran, w tym połączeń i zamocowań do konstrukcji kadłuba;
  - .2 pęknięcie zmęczeniowe izolacji termicznej;
  - .3 zmęczenie konstrukcji wewnętrznych i związanych z nimi elementów podpierających;
  - .4 pęknięcie zmęczeniowe kadłuba wewnętrznego prowadzące do przedostawania się wody balastowej.
- .3 Awaryjne zdarzenia projektowe:
- .1 awaryjne uszkodzenia mechaniczne (takie jak przedmioty upuszczone do wnętrza zbiornika w czasie jego eksploatacji);
  - .2 nadciśnienie w przestrzeniach izolacji termicznej wskutek awarii;
  - .3 podciśnienie w zbiorniku wskutek awarii; oraz
  - .4 przedostawanie się wody przez konstrukcję kadłuba wewnętrznego.

Projekty, w których pojedyncze zdarzenie dotyczące elementu wewnętrznego mogłoby powodować równoczesne lub kaskadowe uszkodzenie obu membran są niedopuszczalne. (Kodeks IGF, 6.4.15.4.2.1)

**6.4.15.4.2.2** Niezbędne właściwości fizyczne (mechaniczne, termiczne, chemiczne, itp.) materiałów użytych do budowy systemu magazynowania skroplonego paliwa gazowego powinny zostać ustalone na etapie opracowywania projektu, zgodnie z 6.4.15.4.1.2. (Kodeks IGF, 6.4.15.4.2.2)

#### **6.4.15.4.3 Obciążenia, kombinacje obciążeń**

Szczególną uwagę należy zwrócić na możliwą utratę integralności zbiornika w wyniku nadciśnienia w przestrzeni międzybarierowej, możliwego podciśnienia w zbiorniku skroplonego paliwa gazowego, skutków falowania cieczy w zbiorniku (sloshing), skutków wibracji kadłuba lub dowolnej kombinacji tych zdarzeń. (Kodeks IGF, 6.4.15.4.3)

#### **6.4.15.4.4 Analizy konstrukcji** (Kodeks IGF, 6.4.15.4.4)

**6.4.15.4.4.1** Należy przeprowadzić analizy i/lub próby konstrukcji w celu określenia wytrzymałości granicznej i ocen zmęczeniowych systemu magazynowania skroplonego paliwa gazowego oraz związanych z nim konstrukcji i wyposażenia, o których mowa w 6.4.7. Analiza konstrukcji powinna dostarczyć danych wymaganych do oceny każdego rodzaju awarii, który został zidentyfikowany jako krytyczny dla systemu magazynowania skroplonego paliwa gazowego. (Kodeks IGF, 6.4.15.4.4.1)

**6.4.15.4.4.2** Analizy konstrukcji kadłuba powinny uwzględniać ciśnienie wewnętrzne, jak podano w 6.4.9.3.3.1. Szczególną uwagę należy zwrócić na ugięcia kadłuba i ich kompatybilność z membraną i związaną z nią izolacją termiczną. (Kodeks IGF, 6.4.15.4.4.2)

**6.4.15.4.4.3** Analizy, o których mowa w 6.4.15.4.4.1 i 6.4.15.4.4.2, powinny opierać się na poszczególnych ruchach, przyspieszeniach i odpowiedziach statku oraz systemów magazynowania skroplonego paliwa gazowego. (Kodeks IGF, 6.4.15.4.4.3)

#### **6.4.15.4.5 Graniczne warunki projektowe** (Kodeks IGF, 6.4.15.4.5)

**6.4.15.4.5.1** Nośność konstrukcji każdego krytycznego elementu, podsystemu lub zespołu należy ustalić zgodnie z 6.4.15.4.1.2 dla warunków eksploatacyjnych. (Kodeks IGF, 6.4.15.4.5.1)

**6.4.15.4.5.2** Wybór kryteriów akceptacji wytrzymałości dla rodzajów awarii systemu magazynowania skroplonego paliwa gazowego, jego zamocowań do konstrukcji kadłuba oraz konstrukcji wewnętrznej zbiorników powinien odzwierciedlać skutki związane z rozpatrywanym rodzajem awarii. (Kodeks IGF, 6.4.15.4.5.2)

**6.4.15.4.5.3** Wymiary elementów konstrukcyjnych wewnętrznego kadłuba powinny odpowiadać przepisom dotyczącym zbiorników wysokich, z uwzględnieniem ciśnienia wewnętrznego, jak podano w 6.4.9.3.3.1 oraz odpowiednim przepisom dotyczącym obciążeń wywołanych falowaniem cieczy w zbiorniku (sloshing), jak określono w 6.4.9.4.1.3. (Kodeks IGF, 6.4.15.4.5.3)

**6.4.15.4.6 Zmęczeniowe warunki projektowe** (Kodeks IGF, 6.4.15.4.6)

**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 zamocowań membrany i kolumn pomp, w przypadku których rozwój awarii nie może być niezawodnie wykryty przez ciągły monitoring. (Kodeks IGF, 6.4.15.4.6.1)

**6.4.15.4.6.2** Należy przeprowadzić obliczenia wytrzymałości zmęczeniowej zgodnie z 6.4.12.2, z uwzględnieniem odpowiednich wymagań w zależności od:

- .1 znaczenia elementów konstrukcyjnych w odniesieniu do integralności konstrukcji; oraz
- .2 dostępności w celu inspekcji. (Kodeks IGF, 6.4.15.4.6.2)

**6.4.15.4.6.3** Dla elementów konstrukcyjnych, dla których można wykazać poprzez próby i/lub analizy, że pęknięcie nie spowoduje jednoczesnego lub kaskadowego uszkodzenia obu membran  $C_w$  powinno być mniejsze lub równe 0,5. (Kodeks IGF, 6.4.15.4.6.3)

**6.4.15.4.6.4** Elementy konstrukcyjne poddawane przeglądom okresowym, w przypadku których pęknięcie zmęczeniowe może się rozwijać bez nadzoru, powodując uszkodzenie jednoczesne lub kaskadowe obu membran, powinny spełniać przepisy dotyczące zmęczenia materiału i mechaniki pęknięć podane w 6.4.12.2.8. (Kodeks IGF, 6.4.15.4.6.4)

**6.4.15.4.6.5** Element konstrukcyjny niedostępny do inspekcji w czasie eksploatacji, a którego pęknięcie zmęczeniowe może rozwijać się bez ostrzeżenia, powodując jednoczesne lub kaskadowe uszkodzenie obu membran, powinien spełniać przepisy dotyczące zmęczenia materiału i mechaniki pęknięć podane w 6.4.12.2.9. (Kodeks IGF, 6.4.15.4.6.5)

**6.4.15.4.7 Awaryjne warunki projektowe** (Kodeks IGF, 6.4.15.4.7)

**6.4.15.4.7.1** System magazynowania oraz podpierająca konstrukcja kadłuba powinny być zaprojektowane na obciążenia awaryjne podane w 6.4.9.5. Obciążenia te nie muszą być łączone ze sobą ani z obciążeniami środowiskowymi. (Kodeks IGF, 6.4.15.4.7.1)

**6.4.15.4.7.2** Na podstawie analizy ryzyka (patrz 4.2) należy określić dodatkowe właściwe scenariusze dla sytuacji awaryjnych. Należy zwrócić szczególną uwagę na zabezpieczenie urządzeń wewnątrz zbiorników. (Kodeks IGF, 6.4.15.4.7.2)

**6.4.16 Projektowanie rozwiązań nowatorskich metodą stanów granicznych** (Kodeks IGF, 6.4.16)

**6.4.16.1** Systemy magazynowania paliwa wykorzystujące nowatorskie rozwiązania, które nie mogą być projektowane z wykorzystaniem rozdziału 6.4.15, powinny być projektowane wg niniejszego podrozdziału oraz, odpowiednio, od 6.4.1 do 6.4.14. Zgodnie z niniejszym podrozdziałem, projekt systemu magazynowania paliwa powinien być oparty na zasadach projektowania metodą stanów granicznych, co jest podejściem do projektowania konstrukcji, które można zastosować zarówno do ustalonych rozwiązań projektowych, jak i do rozwiązań nowatorskich. To bardziej ogólne podejście pozwala na utrzymanie poziomu bezpieczeństwa podobnego do osiąganego w przypadku znanych systemów magazynowania paliwa, projektowanych zgodnie z 6.4.15. (Kodeks IGF, 6.4.16.1)

**6.4.16.2** Projektowanie metodą stanów granicznych jest podejściem systematycznym, w którym każdy element konstrukcji jest oceniany pod kątem możliwych rodzajów uszkodzeń związanych z warunkami projektowymi określonymi w 6.4.1.6. Stan graniczny można zdefiniować jako stan, po przekroczeniu którego konstrukcja lub jej część nie odpowiada już wymaganiom przepisów. (Kodeks IGF, 6.4.16.2)

**6.4.16.3** Dla każdego rodzaju uszkodzeń może być właściwy jeden lub więcej stanów granicznych. Po uwzględnieniu wszystkich właściwych stanów granicznych, obciążenie graniczne dla elementu konstrukcyjnego określane jest jako minimalne obciążenie graniczne, wynikające ze wszystkich odpowiednich stanów granicznych. Stany graniczne dzieli się na trzy następujące kategorie:

- .1 Stany graniczne nośności (ULS), które odpowiadają maksymalnej zdolności przenoszenia obciążeń lub, w niektórych przypadkach, maksymalnemu naprężeniu lub odkształceniu, w stanie nienaruszonym (nieuszkodzonym).
- .2 Stany graniczne zmęczeniowe (FLS), które odpowiadają stanom degradacji zmęczeniowej, pod wpływem zmiennego w czasie (cyklicznego) obciążenia.
- .3 Stany graniczne awaryjne (ALS), które dotyczą odporności konstrukcji na sytuacje awaryjne. (Kodeks IGF, 6.4.16.3)

**6.4.16.4** Procedura i odpowiednie parametry projektowe do projektowania metodą stanów granicznych powinny być zgodne ze *Standardami stosowania metodologii stanów granicznych w projektowaniu systemów magazynowania paliwa o nowatorskiej konfiguracji (Norma LSD)*, jak określono w Załączniku 1 niniejszej *Publikacji*. (Kodeks IGF, 6.4.16.4)

## **6.5 Przenośne zbiorniki skroplonego paliwa gazowego** (Kodeks IGF, 6.5)

**6.5.1** Konstrukcja zbiornika powinna spełniać wymagania 6.4.15.3. Podpora zbiornika (rama kontenera lub podwozie samochodu ciężarowego) powinna być zaprojektowana zgodnie ze swoim przeznaczeniem. (Kodeks IGF, 6.5.1)

**6.5.2** Przenośne zbiorniki paliwa powinny być umieszczone w wyznaczonych miejscach wyposażonych w:

- .1 mechaniczną ochronę zbiorników dostosowaną do miejsca i operacji ładunkowych;
- .2 jeżeli zbiorniki znajdują się na pokładzie otwartym: system ochrony przed rozlewami oraz system zraszania wodą w celu chłodzenia; oraz
- .3 jeżeli znajdują się w przestrzeni zamkniętej: przestrzeń ta powinna być traktowana jako przestrzeń przyłączeniowa zbiornika. (Kodeks IGF, 6.5.2)

**6.5.3** Przenośne zbiorniki paliwa powinny być zamocowane do pokładu, gdy są podłączone do instalacji statku. Konstrukcja podparcia i mocowania zbiorników powinny być zaprojektowane z uwzględnieniem maksymalnych przewidywanych przechyłów statycznych i dynamicznych statku oraz maksymalnych przewidywanych wartości przyspieszenia, z uwzględnieniem charakterystyki statku i położenia zbiorników. (Kodeks IGF, 6.5.3)



**6.5.4** Należy uwzględnić wytrzymałość oraz wpływ zainstalowania przenośnych zbiorników na stateczność statku. (Kodeks IGF, 6.5.4)

**6.5.5** Podłączenia do systemu rurociągów paliwowa gazowego statku powinny być wykonane z wykorzystaniem uznanego typu przewodów elastycznych lub innych odpowiednich środków zapewniających wystarczającą elastyczność. (Kodeks IGF, 6.5.5)

**6.5.6** Należy przewidzieć rozwiązania ograniczające ilości rozlanego paliwa gazowego w przypadku niezamierzonego rozładowania lub zerwania połączeń tymczasowych. (Kodeks IGF, 6.5.6)

**6.5.7** System rozładowania ciśnienia zbiorników przenośnych powinien być podłączony do stałej instalacji odpowietrzającej. (Kodeks IGF, 6.5.7)

**6.5.8** Systemy sterowania i monitorowania przenośnych zbiorników paliwa gazowego powinny być zintegrowane z systemami sterowania i monitorowania statku. Systemy bezpieczeństwa przenośnych zbiorników paliwa gazowego (np. systemy zrywania zaworów na zbiornikach, systemy wykrywania wycieków/gazu) powinny być zintegrowane z systemem bezpieczeństwa statku. (Kodeks IGF, 6.5.8)

**6.5.9** Należy zapewnić bezpieczny dostęp do przyłączy zbiorników w celu inspekcji i obsługi technicznej. (Kodeks IGF, 6.5.9)

**6.5.10** Po podłączeniu do systemu rurociągów paliwowych statku,

- .1 z wyjątkiem systemu rozładowania ciśnienia wymienionego w 6.5.7, każdy zbiornik przenośny powinien mieć możliwość odcięcia w każdej chwili;
- .2 odcięcie jednego zbiornika nie powinno pogarszać dostępności pozostałych zbiorników przenośnych; oraz
- .3 zbiornik nie powinien przekraczać swoich granic napełnienia podanych w 6.8. (Kodeks IGF, 6.5.10)

**6.6 Magazynowanie paliwa CNG** (Kodeks IGF, 6.6)

**Uwaga:**

Postanowienia 6.6 (Kodeksu IGF) nie mają zastosowania do statków wykorzystujących LPG jako paliwo (MSC.1/Circ.1666, 6.3.5)

**6.6.1** Zbiorniki magazynowe CNG powinny być certyfikowane i zatwierdzone przez Administrację. (Kodeks IGF, 6.6.1)

**6.6.2** Zbiorniki CNG powinny być wyposażone w zawory nadmiarowe ciśnienia, o nastawie poniżej ciśnienia projektowego zbiornika, z wylotem umieszczonym zgodnie z wymaganiami podanymi w 6.7.2.7 i 6.7.2.8. (Kodeks IGF, 6.6.2)

**6.6.3** Należy przewidzieć odpowiednie środki do rozładowania ciśnienia w zbiorniku w przypadku pożaru, który może mieć wpływ na zbiornik. (Kodeks IGF, 6.6.3)

**6.6.4** Magazynowanie CNG w przestrzeniach zamkniętych normalnie jest niedozwolone, jednak może być dopuszczone po specjalnym rozpatrzeniu i zatwierdzeniu przez Administrację, pod warunkiem spełnienia, oprócz 6.3.4 do 6.3.6, następujących wymagań:

- .1 przewidziano odpowiednie środki do rozładowania ciśnienia i wypełnienia zbiornika gazem obojętnym w przypadku pożaru, który może mieć wpływ na zbiornik;
- .2 wszystkie powierzchnie w obrębie takich przestrzeni zamkniętych, w których znajdują się zbiorniki CNG, są wyposażone w odpowiednią ochronę termiczną zabezpieczającą przed

utrata gazu pod wysokim ciśnieniem i wynikającą z tego kondensacją, chyba że ściany graniczne zostały zaprojektowane na najniższą temperaturę, jaka może powstać w wyniku wycieku rozprężającego się gazu; oraz

- .3 w przestrzeniach zamkniętych, w których znajdują się zbiorniki CNG, została zainstalowana stała instalacja gaśnicza. Szczególną uwagę należy zwrócić na gaszenie pożarów strumieniowych. (Kodeks IGF, 6.6.4)

## 6.7 System rozładowania ciśnienia (Kodeks IGF, 6.7)

### 6.7.1 Wymagania ogólne (Kodeks IGF, 6.7.1)

**6.7.1.1** Wszystkie zbiorniki magazynowe paliwa powinny być wyposażone w system rozładowania ciśnienia odpowiedni do konstrukcji systemu magazynowania paliwa oraz przewożonego paliwa gazowego. Przestrzenie magazynowe paliwa, przestrzenie międzybarierowe, przestrzenie przyłączeniowe zbiornika, na które mogą oddziaływać ciśnienia przekraczające ich parametry projektowe, także powinny być wyposażone w odpowiedni system rozładowania ciśnienia. Systemy kontroli ciśnienia określone w 6.9 powinny być niezależne od systemów rozładowania ciśnienia. (Kodeks IGF, 6.7.1.1)

**6.7.1.2** Zbiorniki magazynowe paliwa, na które może oddziaływać ciśnienie zewnętrzne przekraczające ich ciśnienie projektowe powinny być wyposażone w systemy zabezpieczające przed podciśnieniem. (Kodeks IGF, 6.7.1.2)

### 6.7.2 Systemy rozładowania ciśnienia zbiorników skroplonego paliwa gazowego (Kodeks IGF, 6.7.2)

**6.7.2.1** W przypadku, gdy nie można wykluczyć wycieku paliwa do przestrzeni podciśnieniowej zbiornika izolowanego próżniowo, przestrzeń podciśnieniowa powinna być chroniona urządzeniem do rozładowania ciśnienia, które powinno być podłączone do instalacji odpowietrzającej, jeśli zbiorniki umieszczone są pod pokładem. Na pokładzie otwartym Administracja może zaakceptować bezpośrednie usuwanie gazów do atmosfery dla zbiorników paliwa nieprzekraczających rozmiaru 40 stopowego kontenera, jeśli uwolniony gaz nie może przedostać się do obszarów bezpiecznych. (Kodeks IGF, 6.7.2.1)

**6.7.2.2** Zbiorniki skroplonego paliwa gazowego powinny być wyposażone w co najmniej dwa zawory nadmiarowe ciśnienia (PRV) umożliwiające odłączenie jednego z nich w przypadku awarii lub wycieku. (Kodeks IGF, 6.7.2.2)

**6.7.2.3** Przestrzenie międzybarierowe powinny być wyposażone w urządzenia nadmiarowe ciśnienia\*. W przypadku systemów membranowych projektant powinien wykazać, że dobrano odpowiednią wielkość zaworów PRV przestrzeni międzybarierowej. (Kodeks IGF, 6.7.2.3)

\* Patrz Ujednolicone Interpretacje IACS GC9, Rev.1 – *Wytyczne dotyczące doboru wielkości systemów rozładowania ciśnienia dla przestrzeni międzybarierowych*. Patrz *Przepisy klasyfikacji i budowy gazowców morskich* – interpretacja UI GC9, p. 8.2.2.

**6.7.2.4** Wartość nastawy zaworu PRV nie może być wyższa niż prężność par przyjęta przy projektowaniu zbiornika. Zawory, których zdolność upustowa jest nie większa niż 50% całkowitej przepustowości mogą mieć wartość nastawy ciśnienia do 5% powyżej wartości MARVS, aby umożliwić ich sekwencyjne otwieranie, minimalizując niepotrzebne uwalnianie par gazu. (Kodeks IGF, 6.7.2.4)

**6.7.2.5** Następujące zasady dotyczące temperatury mają zastosowanie do zaworów PRV montowanych w systemach rozładowania ciśnienia:

- .1 zawory PRV na zbiornikach paliwa o temperaturze projektowej poniżej 0°C powinny być tak zaprojektowane i rozmieszczone, aby zapobiec ich zablokowaniu z powodu oblodzenia;
- .2 przy konstruowaniu i rozmieszczaniu zaworów PRV należy uwzględnić skutki oblodzenia w wyniku oddziaływania temperatur otoczenia;
- .3 zawory PRV powinny być wykonane z materiałów o temperaturze topnienia powyżej 925°C. Mogą być akceptowane materiały o niższej temperaturze topnienia, stosowane na części wewnętrzne i uszczelnienia, pod warunkiem że nie wpływa to na niezawodność działania zaworów PRV; oraz
- .4 rurociągi wykrywczycie i wylotowe zaworów ze sterowaniem pilotowym powinny mieć odpowiednio solidną konstrukcję zapobiegającą ich uszkodzeniu. (Kodeks IGF, 6.7.2.5)

**6.7.2.6** W przypadku awarii zaworu PRV zbiornika paliwowa gazowego powinny być dostępne bezpieczne środki awaryjnego odcięcia zaworu, spełniające następujące założenia:

- .1 należy przewidzieć odpowiednie procedury i włączyć je do instrukcji obsługi;
- .2 procedury te powinny zezwalać na odcięcie tylko jednego z zainstalowanych zaworów PRV na zbiornikach paliwa gazowego, a w tym celu należy przewidzieć blokady fizyczne; oraz
- .3 odcięcie zaworu PRV powinno zostać przeprowadzone pod nadzorem kapitana statku. Czynność ta powinna zostać odnotowana w dzienniku okrętowym oraz potwierdzona informacją umieszczoną na zaworze PRV. (Kodeks IGF, 6.7.2.6)

**6.7.2.7** Każdy zawór nadmiarowy ciśnienia zainstalowany na zbiorniku skroplonego paliwa gazowego powinien być podłączony do instalacji odpowietrzającej, która powinna być:

- .1 tak skonstruowana, że wypływ będzie niezakłócony i normalnie skierowany pionowo w górę na wylocie;
- .2 tak usytuowana, aby zminimalizować możliwość przedostawania się wody lub śniegu do instalacji odpowietrzającej; oraz
- .3 umieszczona w taki sposób, że wysokość wylotu odpowietrzenia nie będzie mniejsza niż  $B/3$  lub 6 m, w zależności od tego, która wartość jest większa, nad pokładem otwartym i 6 m nad rejonami roboczymi i przejściami. Wysokość masztu odpowietrzającego może być jednak ograniczona do niższej wartości, po specjalnym rozpatrzeniu przez Administrację. (Kodeks IGF, 6.7.2.7)

W przypadku LPG, dodatkowo, **wyloty odpowietrzeń powinny być tak usytuowane\***, aby zapewnić, że:

- .1 wypływający gaz nie przedostanie się do obszarów bezpiecznych przez otwory znajdujące się wokół wylotu odpowietrzenia;
- .2 wypływający gaz nie zostanie uwięziony przez jakąkolwiek konstrukcję na pokładzie otwartym; oraz
- .3 wypływający gaz nie utworzy łatwopalnej atmosfery w pobliżu wylotów spalin i innych źródeł zapłonu. (MSC.1/Circ.1666, 6.3.6)

\* Zgodnie z analizą dyspersji gazu, jeśli jest wymagana przez ocenę ryzyka. (patrz 4.2)

**6.7.2.8** Wylot z zaworów nadmiarowych ciśnienia 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 instalacji maszynowych. (Kodeks IGF, 6.7.2.8)

**6.7.2.9** Wszystkie inne wyloty odpowietrzeń paliwa gazowego powinny być zaprojektowane zgodnie z 6.7.2.7 oraz 6.7.2.8. Należy zapewnić środki zapobiegające przelewaniu się cieczy z wylotów odpowietrzających, na skutek oddziaływania ciśnienia hydrostatycznego z przestrzeni, do których są one podłączone. (Kodeks IGF, 6.7.2.9)

**6.7.2.10** W instalacjach rurociągów odpowietrzających należy przewidzieć środki do odprowadzania cieczy z miejsc, w których może się ona zbierać. Zawory PRV i rurociągi należy tak umieścić i poprowadzić, aby ciecz w żadnym przypadku nie mogła gromadzić się w zaworach lub w ich pobliżu. (Kodeks IGF, 6.7.2.10)

**6.7.2.11** Na wylotach odpowietrzeń należy zainstalować odpowiednie ekrany ochronne z siatki o kwadratowych oczkach nie większych niż 13 mm, aby zapobiec przedostawaniu się ciał obcych bez negatywnego wpływu na przepływ. (Kodeks IGF, 6.7.2.11)

**6.7.2.12** Wszystkie rurociągi odpowietrzające powinny być zaprojektowane i rozmieszczone tak, aby nie ulegały uszkodzeniu w wyniku zmian temperatury, na które mogą być narażone, a także oddziaływania sił wynikających z przepływu lub ruchów statku. (Kodeks IGF, 6.7.2.12)

**6.7.2.13** Zawory PRV powinny być podłączone do najwyższej części zbiornika paliwa. Zawory te powinny być umieszczone na zbiorniku paliwa w taki sposób, aby pozostawały w strefie fazy par przy granicy napełnienia (FL) podanej w 6.8 w warunkach przechyłu statku 15° oraz przegiębienia 0,015L, gdzie L określono w 2.2.30. (Kodeks IGF, 6.7.2.13)

**6.7.2.14** W przypadku LPG, dodatkowo, **instalacja rurociągów odpowietrzających powinna być wyposażona w przyłącznie do przedmuchu gazem obojętnym.** (MSC.1/Circ.1666, 6.3.7)

### **6.7.3 Dobór wielkości systemu rozładowania ciśnienia** (Kodeks IGF, 6.7.3)

#### **6.7.3.1 Dobór wielkości nadmiarowych zaworów ciśnieniowych** (Kodeks IGF, 6.7.3.1)

**6.7.3.1.1** Zawory PRV powinny mieć łączną zdolność upustową dla każdego zbiornika skroplonego paliwa gazowego, pozwalającą na usunięcie większej z niżej podanych wartości, przy nie większym niż 20% wzroście ciśnienia w zbiorniku skroplonego paliwa gazowego powyżej MARVS:

- .1 maksymalna wydajność instalacji zubożniania zbiornika skroplonego paliwa gazowego, jeśli maksymalne osiągalne ciśnienie robocze instalacji zubożniania przekracza wartość MARVS zbiorników skroplonego paliwa gazowego; lub
- .2 ilość par wytworzonych w warunkach wystawienia na działanie ognia, 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 wystawienia na działanie ognia dla różnych rodzajów skroplonego paliwa gazowego:

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

$F = 0,5$  dla zbiorników znajdujących się powyżej pokładu, gdy izolacja została zatwierdzona przez Administrację. (Zatwierdzenie będzie oparte na zastosowaniu materiału ognioodpornego, przewodności cieplnej izolacji oraz jej stabilności w warunkach narażenia na działanie ognia);

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

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

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

$F = 0,1$  dla zbiorników membranowych.

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

$G =$  współczynnik gazowy obliczany wg wzoru:

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

gdzie:

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

$L =$  ciepło utajone materiału odparowywanego w warunkach rozładowania, w kJ/kg;

$D =$  stała oparta na relacji ciepła właściwego  $k$ , obliczana w sposób następujący:

$$D = \sqrt{k \left( \frac{2}{k+1} \right)^{\frac{k+1}{k-1}}}$$

gdzie:

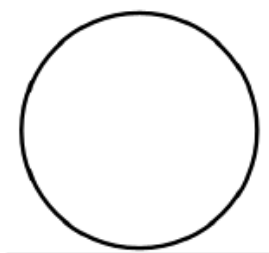
$k =$  stosunek ciepła właściwego w warunkach rozładowania, którego wartość mieści się między 1,0 a 2,2. Jeśli  $k$  nie jest znane, stosuje się wartość  $D = 0,606$ ;

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

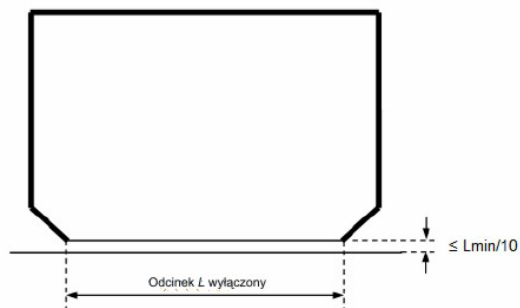
$M =$  masa cząsteczkowa produktu.

Należy obliczyć współczynnik gazowy dla każdego przewożonego skroplonego paliwa gazowego, a w celu doboru wielkości zaworu PRV należy przyjąć najwyższą wartość.

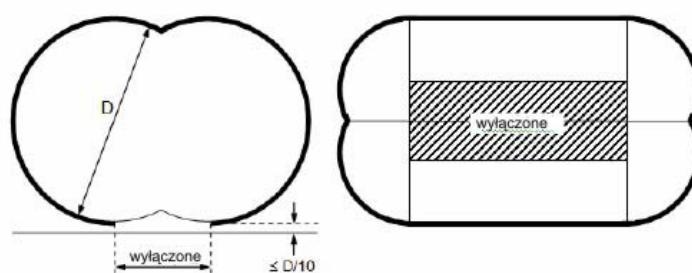
$A =$  powierzchnia zewnętrzna zbiornika ( $m^2$ ), dla różnych typów zbiorników, jak pokazano na rys. 6.7.1. (Kodeks IGF, 6.7.3.1.1)



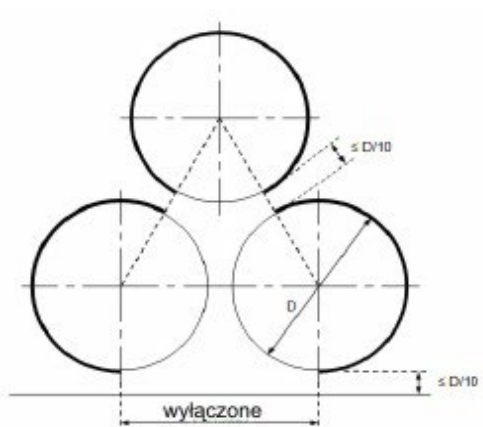
Zbiorniki cylindryczne z kuliście wklęsłymi, półkulistymi lub półelipsoidalnymi kopolami lub zbiorniki kuliste



Zbiorniki pryzmatyczne



Zbiorniki podwójne (bilobe)



Układ zbiorników cylindrycznych w przekroju poziomym

Rys. 6.7.1

**Interpretacja IACS oraz IMO:**

*Dla zbiorników pryzmatycznych:*

1.  $L_{min}$ , dla zbiorników nie stożkowych jest mniejszym z wymiarów poziomych płaskiego dna zbiornika. W przypadku zbiorników stożkowych, jak w przypadku zbiornika przedniego,  $L_{min}$  jest mniejszą z długości i średniej szerokości.
2. Dla zbiorników pryzmatycznych, gdzie odległość między płaskim dnem zbiornika a dnem ładowni jest równa lub mniejsza niż  $L_{min}/10$ :  
 $A = \text{pole powierzchni zewnętrznej minus pole powierzchni płaskiego dna}$ .
3. Dla zbiorników pryzmatycznych, gdzie odległość między płaskim dnem zbiornika a dnem ładowni jest większa niż  $L_{min}/10$ :  
 $A = \text{pole powierzchni zewnętrznej}$  (IACS UI GF7, MSC.1/Circ.1558).

**6.7.3.1.2** W przypadku zbiorników izolowanych próżniowo umieszczonych w przestrzeniach magazynowych paliwa oraz zbiorników w przestrzeniach magazynowych paliwa oddzielonych od potencjalnego obciążenia ogniowego koferdami lub otoczonych przestrzeniami, w których nie ma zagrożenia pożarem, zastosowanie mają następujące wymagania:

Jeśli zawory nadmiarowe ciśnienia muszą być dobrane pod kątem obciążenia ogniowego, to współczynniki obciążenia ogniowego mogą być odpowiednio zmniejszone do następujących wartości:

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

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

Minimalny współczynnik wystawienia na działanie ognia wynosi  $F = 0,1$ . (Kodeks IGF, 6.7.3.1.2)

**6.7.3.1.3** Wymagane masowe natężenie przepływu powietrza w warunkach rozładowania jest określone następująco:

$$M_{air} = Q \times \rho_{air} \text{ [kg/s]}$$

gdzie gęstość powietrza ( $\rho_{air}$ ) = 1,293 kg/m<sup>3</sup> (powietrze o temperaturze 273,15 K i ciśnieniu 0,1013 MPa). (Kodeks IGF, 6.7.3.1.3)

**6.7.3.2 Dobór wielkości instalacji odpowietrzającej** (Kodeks IGF, 6.7.3.2)

**6.7.3.2.1** Przy ustalaniu wielkości zaworów PRV należy uwzględnić straty ciśnienia przed i za nadmiarowym zaworem ciśnienia, aby zapewnić przepustowość wymaganą w 6.7.3.1. (Kodeks IGF, 6.7.3.2.1)

**6.7.3.2.2 Straty ciśnienia przed zaworem**

- .1 spadek ciśnienia w przewodzie odpowietrzającym na odcinku od zbiornika do wlotu do zaworu PRV nie powinien przekraczać 3% wartości ciśnienia nastawy zaworu przy obliczonym natężeniu przepływu, zgodnie z 6.7.3.1;
- .2 straty ciśnienia na przewodzie dolotowym nie powinny mieć wpływu na zawory ze sterowaniem pilotowym, jeśli czujka pilotowa wykrywa ciśnienie bezpośrednio pod kopułą zbiornika; oraz
- .3 straty ciśnienia w przewodach zdalnie wykrywających czujek pilotowych należy uwzględnić w przypadku czujek pilotowych typu przepływowego. (Kodeks IGF, 6.7.3.2.2)

**6.7.3.2.3 Straty ciśnienia za zaworem**

- .1 W przypadku gdy zainstalowane są wspólne kolektory i maszty odpowietrzające, w obliczeniach należy uwzględnić przepływ ze wszystkich podłączonych zaworów PRV.
- .2 Tworzące się przeciwcisnienie w rurociągu odpowietrzającym od wylotu z zaworu PRV do miejsca ich usuwania do atmosfery, z uwzględnieniem wszystkich połączeń rurociągów odpowietrzających, które łączą się z innymi zbiornikami, nie powinno przekraczać następujących wartości:

- |    |   |                 |
|----|---|-----------------|
| .1 | dla niezrównoważonych zaworów PRV:        | 10% MARVS;      |
| .2 | dla zrównoważonych zaworów PRV:           | 30% MARVS; oraz |
| .3 | dla zaworów PRV ze sterowaniem pilotowym: | 50% MARVS.      |

Mogą być zaakceptowane wartości alternatywne przewidziane przez producenta zaworu PRV. (Kodeks IGF, 6.7.3.2.3)

**6.7.3.2.4** W celu zapewnienia stabilnego działania zaworu PRV, wydmuch nie powinien być mniejszy niż suma straty ciśnienia dolotowego i 0,02 wartości MARVS przy znamionowej przepływności. (Kodeks IGF, 6.7.3.2.4)

## 6.8 Granica załadunku zbiorników skroplonego paliwa gazowego (Kodeks IGF, 6.8)

**6.8.1** Zbiorniki magazynowe skroplonego paliwa gazowego nie powinny być napełniane więcej niż do objętości odpowiadającej 98% napełnienia w temperaturze odniesienia, zdefiniowanej w 2.2.42.

Należy sporządzić krzywą granicznego załadunku dla rzeczywistych temperatur załadunku paliwa korzystając z następującego wzoru:

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

gdzie:

$LL$  = granica załadunku, zdefiniowana w 2.2.33, wyrażona w %;

$FL$  = granica napełnienia, zdefiniowana w 2.2.18, wyrażona w %, tutaj 98%;

$\rho_R$  = gęstość względna paliwa w temperaturze odniesienia; oraz

$\rho_L$  = gęstość względna paliwa w temperaturze załadunku. (Kodeks IGF, 6.8.1)

**6.8.2** W przypadku, gdy izolacja i umiejscowienie zbiornika sprawiają, że prawdopodobieństwo nagrzania się zawartości zbiornika w wyniku pożaru zewnętrznego jest bardzo małe, można specjalnie rozpatrzyć możliwość zezwolenia na wyższą granicę załadunku niż obliczona przy zastosowaniu temperatury odniesienia, ale nigdy powyżej 95%. Dotyczy to również przypadków, w których zainstalowany jest drugi system utrzymania ciśnienia (patrz 6.9). Jeżeli jednak ciśnienie może być utrzymywane/kontrolowane tylko przez odbiorniki paliwa, należy zastosować granicę załadunku obliczoną wg 6.8.1. (Kodeks IGF, 6.8.2)

### Interpretacja IACS oraz IMO:

*Alternatywna opcja granicy załadunku podana w 6.8.2 jest rozumiana jako alternatywa dla 6.8.1 i powinna mieć zastosowanie tylko wtedy, gdy obliczona granica załadunku przy użyciu wzoru w 6.8.1 daje wartość niższą niż 95% (IACS UI GF16, MSC.1/Circ.1591)*

**6.8.3** W przypadku statków zbudowanych w dniu 1 stycznia 2024 lub po tej dacie, gdy izolacja i umiejscowienie zbiornika sprawiają, że prawdopodobieństwo nagrzania się zawartości zbiornika w wyniku pożaru zewnętrznego jest bardzo małe, można specjalnie rozpatrzyć możliwość zezwolenia na wyższą granicę załadunku niż obliczona przy zastosowaniu temperatury odniesienia, ale nigdy powyżej 95%. (Kodeks IGF 6.8.2).

## 6.9 Utrzymywanie warunków magazynowania paliwa (Kodeks IGF, 6.9)

### 6.9.1 Kontrola ciśnienia i temperatury w zbiorniku paliwa (Kodeks IGF, 6.9.1)

#### Interpretacja IACS oraz IMO:

*Ciśnienie i temperatura w zbiornikach skroplonego paliwa gazowego powinny być kontrolowane i utrzymywane w zakresie projektowym przez cały czas, w tym po zadziałaniu systemu bezpieczeństwa wymaganego w punkcie 15.2.2 przez okres co najmniej 15 dni. Sama aktywacja systemu bezpieczeństwa nie jest uważana za sytuację awaryjną. (IACS UI GF8, MSC.1/Circ.1558)*



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

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

Wybrana metoda powinna pozwalać na utrzymywanie ciśnienia w zbiorniku poniżej wartości nastawy jego zaworów nadmiarowych ciśnienia przez okres 15 dni, zakładając że zbiornik jest wypełniony w całości przy normalnym ciśnieniu roboczym i że statek jest w bezruchu, tzn. wytwarzana jest tylko energia dla potrzeb gospodarczych. (Kodeks IGF, 6.9.1.1)

**6.9.1.2** Odprowadzanie par paliwa w celu kontroli ciśnienia w zbiorniku jest niedopuszczalne, z wyjątkiem sytuacji awaryjnych. (Kodeks IGF, 6.9.1.2)

## **6.9.2 Projektowanie systemów** (Kodeks IGF, 6.9.2)

**6.9.2.1** W przypadku eksploatacji statku w rejonach nieograniczonych górna projektowa temperatura otoczenia powinna wynosić 32°C dla wody morskiej oraz 45°C dla powietrza. W przypadku eksploatacji statku w szczególnie gorących lub zimnych strefach, te temperatury projektowe powinny zostać podwyższone lub obniżone, zgodnie z wymogami Administracji. (Kodeks IGF, 6.9.2.1)

**6.9.2.2** Całkowita wydajność systemu powinna być taka, aby system kontrolował ciśnienie w warunkach projektowych bez odprowadzania gazu do atmosfery. (Kodeks IGF, 6.9.2.2)

## **6.9.3 System ponownego skraplania** (Kodeks IGF, 6.9.3)

**6.9.3.1** System ponownego skraplania powinien być zaprojektowany i obliczony zgodnie z 6.9.3.2. System powinien być odpowiednio dobrany również dla przypadku braku lub niskiego zużycia. (Kodeks IGF, 6.9.3.1)

**6.9.3.2** System ponownego skraplania powinien być wykonany w jeden z następujących sposobów:

- .1 system bezpośredni, w którym odparowane paliwo jest sprężane, skraplane i zawracane do zbiorników paliwa;
- .2 system pośredni, w którym paliwo lub odparowane paliwo jest schładzane bądź skraplane czynnikiem chłodniczym, bez sprężania;
- .3 system mieszany, w którym odparowane paliwo jest sprężane i skraplane w wymienniku ciepła paliwa/czynnika chłodniczego i zawracane do zbiorników paliwa; lub
- .4 jeżeli podczas operacji kontroli ciśnienia w warunkach projektowych system ponownego skraplania wytwarza strumień odpadów zawierający metan, , wówczas te gazy odpadowe powinny być utylizowane, na ile to praktycznie wykonalne, bez odprowadzania ich do atmosfery. (Kodeks IGF, 6.9.3.2)

## **6.9.4 Systemy utleniania termicznego** (Kodeks IGF, 6.9.4)

**6.9.4.1** Utlenianie termiczne może być przeprowadzane poprzez zużywanie par zgodnie z wymaganiami dla urządzeń odbiorczych, podanymi w niniejszej *Publikacji* (Kodeksie) lub w specjalnie przeznaczonym do tego urządzeniu do spalania gazu (GCU). Należy wykazać, że wydajność

systemu utleniania jest wystarczająca do zużycia wymaganej ilości par. W tym zakresie należy uwzględnić okresy pływania z ograniczoną prędkością i/lub braku zużycia par przez urządzenia napędowe lub inne urządzenia statku. (Kodeks IGF, 6.9.4.1)

### **6.9.5 Kompatybilność** (Kodeks IGF, 6.9.5)

**6.9.5.1** Czynniki chłodnicze lub pomocnicze środki stosowane do chłodzenia paliwa powinny być kompatybilne z paliwem, z którym mogą się zetknąć (nie wywołując niebezpiecznych reakcji ani produktów nadmiernie żrących). Dodatkowo, w przypadku zastosowania kilku czynników lub środków chłodniczych, muszą one być kompatybilne ze sobą. (Kodeks IGF, 6.9.5.1)

### **6.9.6 Dostępność systemów** (Kodeks IGF, 6.9.6)

**6.9.6.1** Dostępność systemu i wspomagających go urządzeń pomocniczych (odbioru paliwa) powinna być taka, aby w przypadku pojedynczej awarii (niestatycznego elementu mechanicznego lub elementu systemów sterowania), ciśnienie i temperatura w zbiorniku paliwa mogły być utrzymane przez inne urządzenie/system. (Kodeks IGF, 6.9.6.1)

**6.9.6.2** Wymienniki ciepła, które jako jedyne są niezbędne do utrzymania ciśnienia i temperatury w zbiornikach paliwa w ich zakresach projektowych powinny być uzupełnione o wymiennik rezerwowy, chyba że ich wydajność przekracza o 25% największą wymaganą wydajność do kontroli ciśnienia, oraz że mogą zostać naprawione na statku bez pomocy z zewnątrz. (Kodeks IGF, 6.9.6.2)

### **6.10 Kontrola atmosfery w systemie magazynowania paliwa** (Kodeks IGF, 6.10)

**6.10.1** System rurociągów powinien być tak wykonany, aby każdy zbiornik paliwa mógł być bezpiecznie odgazowany i bezpiecznie napełniony paliwem ze stanu odgazowanego. System powinien być zaprojektowany w taki sposób, aby zminimalizować możliwość tworzenia się kieszeni gazu lub powietrza pozostających po wymianie atmosfery. (Kodeks IGF, 6.10.1)

**6.10.2** System powinien być tak zaprojektowany, aby wyeliminować możliwość istnienia mieszaniny palnej w zbiorniku paliwa w czasie jakiegokolwiek etapu operacji wymiany atmosfery poprzez wykorzystanie czynnika obojętnego jako etapu pośredniego. (Kodeks IGF, 6.10.2)

**6.10.3** Każdy ze zbiorników paliwa powinien być wyposażony w punkty poboru próbek gazu w celu monitorowania postępu wymiany atmosfery. (Kodeks IGF, 6.10.3)

**6.10.4** Gaz obojętny wykorzystywany do odgazowywania zbiorników paliwa może być dostarczony na statek z zewnątrz. (Kodeks IGF, 6.10.4)

### **6.11 Kontrola atmosfery w obrębie przestrzeni magazynowej paliwa (Systemy magazynowania paliwa inne niż zbiorniki niezależne typu C)** (Kodeks IGF, 6.11)

**6.11.1** Przestrzenie międzybarierowe oraz przestrzenie magazynowe paliwa związane z systemami magazynowania skroplonego paliwa gazowego, wymagającymi pełnej lub częściowej bariery wtórnej, powinny być zubożone odpowiednim suchym gazem obojętnym i utrzymywane w stanie zubożonym poprzez uzupełnianie gazu obojętnego, dostarczanego przez statkowy system wytwarzania gazu obojętnego lub zasilanie gazem zmagazynowanym na statku, który powinien wystarczać do pokrycia normalnego zapotrzebowania przez okres co najmniej 30 dni. Administracja może rozważyć krótsze okresy w zależności od sposobu eksploatacji statku. (Kodeks IGF, 6.11.1)

**6.11.2** Alternatywnie, przestrzenie wymienione w 6.11.1, wymagające jedynie częściowej bariery wtórnej, mogą być wypełnione suchym powietrzem, pod warunkiem że na statku utrzymywany jest zapas gazu obojętnego lub statek wyposażony jest w system wytwarzania gazu obojętnego

wystarczający do zubożenia największej 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 rozwinie się stan niebezpieczny. Należy przewidzieć odpowiednie urządzenia zapewniające wystarczającą ilość suchego powietrza o odpowiedniej jakości, aby zaspokoić oczekiwane zapotrzebowanie powietrza. (Kodeks IGF, 6.11.2)

## **6.12 Kontrola środowiska przestrzeni otaczających zbiorniki niezależne typu C** (Kodeks IGF, 6.12)

**6.12.1** Przestrzenie otaczające zbiorniki skroplonego paliwa gazowego powinny być wypełnione odpowiednim suchym powietrzem i utrzymywane w tym stanie poprzez dostarczanie suchego powietrza przez odpowiednie urządzenia osuszające powietrze. Ma to zastosowanie tylko do zbiorników skroplonego paliwa gazowego, w przypadku których problemem jest skraplanie i oblodzenie ze względu na zimne powierzchnie. (Kodeks IGF, 6.12.1)

## **6.13 Zubożenie** (Kodeks IGF, 6.13)

**6.13.1** Należy zapewnić rozwiązania zapobiegające cofaniu się par paliwa do instalacji gazu obojętnego jak podano poniżej. (Kodeks IGF, 6.13.1)

**6.13.2** W celu zapobiegania cofaniu się gazu palnego do jakichkolwiek pomieszczeń bezpiecznych, rurociąg doprowadzający gaz obojętny powinien być wyposażony w dwa zawory odcinające umieszczone szeregowo, z zaworem odpowietrzającym pomiędzy nimi (zawory podwójnej blokady i upustu). Dodatkowo, między zespołem podwójnej blokady i upustu a systemem paliwowym należy zainstalować zawór zaporowo-zwrotny. Zawory te powinny być umieszczone poza pomieszczeniami bezpiecznymi. (Kodeks IGF, 6.13.2)

**6.13.3** W przypadku, gdy połączenia z systemem rurociągów paliwa nie są stałe, zamiast zaworów wymaganych w punkcie 6.13.2 mogą być zainstalowane dwa zawory zwrotne. (Kodeks IGF, 6.13.3)

**6.13.4** Należy zapewnić rozwiązania pozwalające na odcięcie każdej przestrzeni zubożonej oraz przewidzieć niezbędne środki kontroli oraz zawory nadmiarowe, itp. umożliwiające kontrolę ciśnienia w tych przestrzeniach. (Kodeks IGF, 6.13.4)

**6.13.5** Jeśli przestrzenie izolacyjne są w sposób ciągły zasilane gazem obojętnym w ramach systemu wykrywania przecieków, to należy przewidzieć środki do monitorowania ilości gazu dostarczanego do poszczególnych przestrzeni. (Kodeks IGF, 6.13.5)

## **6.14 Wytwarzanie i magazynowanie gazu obojętnego na statku** (Kodeks IGF, 6.14)

**6.14.1** Urządzenia powinny być zdolne do wytwarzania gazu obojętnego o zawartości tlenu w żadnym momencie nie większej niż 5% objętościowo. Miernik zawartości tlenu o ciągłym odczycie powinien być podłączony do rurociągu doprowadzającego gaz obojętny z tego urządzenia i powinien być wyposażony w sygnalizację alarmową ustawioną na maksymalną wartość 5% objętościowej zawartości tlenu. (Kodeks IGF, 6.14.1)

**6.14.2** Instalacja gazu obojętnego powinna być wyposażona w środki kontroli ciśnienia oraz urządzenia monitorujące odpowiednie dla systemu magazynowania paliwa. (Kodeks IGF, 6.14.2)

**6.14.3** W przypadku, gdy wytwornica azotu lub urządzenia magazynujące azot zostały zainstalowane w oddzielnym pomieszczeniu poza maszynownią, wówczas to oddzielne pomieszczenie

powinno być wyposażone w system niezależnej mechanicznej wentylacji wyciągowej, zapewniający co najmniej 6 wymian powietrza na godzinę. Należy zainstalować sygnalizację alarmową niskiego poziomu tlenu. (Kodeks IGF, 6.14.3)

**6.14.4** Rurociągi azotu powinny być prowadzone tylko przez dobrze wentylowane pomieszczenia. Rurociągi azotu w przestrzeniach zamkniętych powinny:

- być całkowicie spawane;
- mieć minimalną liczbę połączeń kołnierzowych, niezbędnych do zamocowania zaworów; oraz
- być jak najkrótsze. (Kodeks IGF, 6.14.4)

## 7 MATERIAŁY I WYMAGANIA OGÓLNE DOTYCZĄCE PROJEKTOWANIA RUROCIĄGÓW (Kodeks IGF, 7)

### Uwagi:

1. Dodatkowo, zastosowanie ma okólnik, MSC.1/Circ.1622: *Wytyczne dotyczące uznawania alternatywnych materiałów metalowych do eksploatacji w warunkach kriogenicznych na statkach przewożących skroplone gazy luzem oraz na statkach wykorzystujących gazy lub inne paliwa o niskiej temperaturze zapłonu.*
2. **O ile wyraźnie nie postanowiono inaczej, wymagania (Części A-1 Kodeksu IGF) Rozdziału 7 mają zastosowanie** również do statków wykorzystujących LPG jako paliwo. (MSC.1/Circ.1666, 7)

### 7.1 Cel

Celem niniejszego rozdziału jest zapewnienie bezpiecznego postępowania z paliwem we wszystkich warunkach eksploatacji, aby zminimalizować ryzyko dla statku, personelu i środowiska, mając na uwadze charakter produktów, których to dotyczy. (Kodeks IGF, 7.1)

### 7.2 Wymagania funkcjonalne (Kodeks IGF, 7.2)

**7.2.1** Rozdział niniejszy dotyczy wymagań funkcjonalnych podanych w 3.2.1, 3.2.5, 3.2.6, 3.2.8, 3.2.9 oraz 3.2.10. W szczególności obowiązują następujące wymagania: (Kodeks IGF, 7.2.1)

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

**7.2.1.2** Należy przewidzieć zabezpieczenia rurociągów, instalacji i jej elementów oraz zbiorników paliwa przed nadmiernymi naprężeniami wynikającymi z ruchów termicznych oraz ruchów zbiornika paliwa i konstrukcji kadłuba. (Kodeks IGF, 7.2.1.2)

**7.2.1.3** W przypadku, gdy paliwo gazowe zawiera cięższe składniki, które mogą ulegać skraplaniu w instalacji, to należy zainstalować urządzenia służące do bezpiecznego usuwania tych cieczy. (Kodeks IGF, 7.2.1.3)

**7.2.1.4** Rurociągi niskotemperaturowe powinny być izolowane termicznie od przyległej konstrukcji kadłuba, tam gdzie jest to konieczne, aby zapobiec spadkowi temperatury konstrukcji kadłuba statku poniżej wartości temperatury projektowej materiału kadłuba. (Kodeks IGF, 7.2.1.4)

### 7.3 Projektowanie rurociągów (Kodeks IGF, 7.3)

#### 7.3.1 Postanowienia ogólne (Kodeks IGF, 7.3.1)

**7.3.1.1** Rurociągi paliwowe oraz inne rurociągi niezbędne do bezpiecznego i skutecznego działania oraz obsługi technicznej powinny być oznaczone kolorami, zgodnie z normą co najmniej równoważną tej, która jest akceptowana przez Organizację.\* (Kodeks IGF, 7.3.1.1)

\* Patrz norma EN ISO 14726:2008: *Statki i technika morska – kolory identyfikacyjne zawartości systemów rurociągów.*

**7.3.1.2** W przypadku, gdy zbiorniki lub rurociągi są oddzielone od konstrukcji statku izolacją termiczną, to należy zapewnić elektryczne połączenie z konstrukcją kadłuba zarówno rurociągów, jak i zbiorników. Wszystkie złącza rurowe i podłączenia węży wyposażone w uszczelki powinny być połączone elektrycznie. (Kodeks IGF, 7.3.1.2)

**7.3.1.3** Wszystkie rurociągi lub ich odcinki, które mogą być odcięte w stanie wypełnienia cieczą powinny być wyposażone w zawory nadmiarowe. (Kodeks IGF, 7.3.1.3)

**7.3.1.4** Rurociągi, w których może znajdować się paliwo o niskiej temperaturze powinny być izolowane termicznie w takim stopniu, aby zminimalizować wykraplanie się wilgoci. (Kodeks IGF, 7.3.1.4)

**7.3.1.5** Rurociągi inne niż rurociągi zasilające paliwa i okablowanie mogą być umieszczane w rurach o podwójnych ścianach lub kanałach, pod warunkiem że nie tworzą źródła zapłonu ani nie naruszają integralności podwójnych rur lub kanałów. W rurociągach o podwójnych ścianach lub kanałach powinny znajdować się tylko rurociągi lub okablowanie niezbędne do celów eksploatacyjnych. (Kodeks IGF, 7.3.1.5)

### 7.3.2 Grubość ścianki (Kodeks IGF, 7.3.2)

**7.3.2.1** Minimalna grubość ścianki powinna być obliczana w następujący sposób:

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

gdzie:

$t_0$  = grubość teoretyczna:

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

gdzie:

$P$  = ciśnienie projektowe [MPa], patrz 7.3.3;

$D$  = średnica zewnętrzna [mm];

$K$  = dopuszczalne naprężenie [ $N/mm^2$ ], patrz 7.3.4; oraz

$e$  = współczynnik efektywności równy 1.0 dla rur bez szwu oraz dla rur ze szwem wzdłużnym lub spiralnym, dostarczonych przez uznanych producentów rur ze szwem, które są uznawane za równoważne rurom bez szwu, jeśli badania nieniszczące spoin są przeprowadzane zgodnie z uznanymi normami. W innych przypadkach, w zależności od procesu produkcyjnego, może być wymagany współczynnik efektywności mniejszy niż 1,0, zgodnie z uznanymi normami,;

$b$  = naddatek na gięcie (mm). Wartość  $b$  powinna być tak dobrana, aby obliczone naprężenie w miejscu gięcia, wywołane wyłącznie ciśnieniem wewnętrznym, nie przekroczyło naprężenia dopuszczalnego. W przypadku braku takiego uzasadnienia,  $b$  przyjmuje postać:

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

gdzie:

$r$  = średni promień gięcia [mm];

$c$  = naddatek na korozję [mm]. Jeżeli spodziewana jest korozja lub erozja, to grubość ścianki rurociągu powinna zostać zwiększona w stosunku do grubości wymaganej przez inne przepisy konstrukcyjne. Naddatek ten powinien odpowiadać przewidywanemu okresowi eksploatacji rurociągów; oraz

$a$  = ujemna tolerancja produkcyjna dla grubości [%]. (Kodeks IGF, 7.3.2.1)

**7.3.2.2** Bezwzględna minimalna grubość ścianki powinna być zgodna z normą akceptowaną przez Administrację. (Kodeks IGF, 7.3.2.2)

### 7.3.3 Warunki projektowe (Kodeks IGF, 7.3.3)

**7.3.3.1** Dla rurociągów, instalacji rurociągów oraz ich elementów należy stosować większe wartości niżej wymienionych odpowiednich warunków projektowych\*:

- .1 dla instalacji lub elementów, które mogą być odcięte od ich zaworów nadmiarowych i które cały czas zawierają tylko pary należy przyjmować prężność par w temperaturze 45°C przy założeniu stanu początkowego pary nasyconej w instalacji przy ciśnieniu i temperaturze roboczej instalacji; lub

- .2 MARVS zbiorników paliwa i systemów technologicznych paliwa; lub
- .3 ciśnienie nastawy zaworu nadmiarowego na tłoczeniu powiązanej z instalacją pompy lub sprężarki; lub
- .4 maksymalne całkowite ciśnienie wyładunku lub załadunku instalacji rurociągów paliwa; lub
- .5 ciśnienie nastawy zaworu nadmiarowego instalacji rurociągów. (Kodeks IGF, 7.3.3.1)

\* Niższe wartości temperatury otoczenia, w odniesieniu do warunków projektowych podanych w 7.3.3.1.1, mogą być zaakceptowane przez Administrację dla statków eksploatowanych w rejonach ograniczonych. I na odwrót, mogą być wymagane wyższe wartości temperatury otoczenia.

W przypadku statków odbywających podróże o ograniczonym czasie trwania, ciśnienie projektowe ( $P_o$ ) może być obliczane w oparciu o rzeczywisty wzrost ciśnienia w czasie podróży oraz może zostać uwzględniona izolacja termiczna zbiornika. Patrz: *Stosowanie poprawek do Kodeksu gazowców dotyczących granic załadunku zbiorników typu C (SIGTTO/IACS)*.

**7.3.3.2** Ciśnienie projektowe rurociągów, instalacji rurociągów i ich elementów nie powinno być mniejsze niż 1,0 MPa, z wyjątkiem rurociągów z otwartymi końcami, dla których ciśnienie to nie powinno być mniejsze niż 0,5 MPa. (Kodeks IGF, 7.3.3.2)

#### **7.3.4 Naprężenia dopuszczalne** (Kodeks IGF, 7.3.4)

**7.3.4.1** Naprężenia dopuszczalne rur wykonanych ze stali, w tym ze stali nierdzewnej, które należy uwzględnić we wzorze na grubość ścianki podanym w 7.3.2.1 powinny być niższą z następujących wartości:

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

gdzie:

$R_m$  = określona minimalna wytrzymałość na rozciąganie w temperaturze pokojowej [ $N/mm^2$ ];  
oraz

$R_e$  = określona minimalna granica plastyczności w temperaturze pokojowej [ $N/mm^2$ ]. Jeśli krzywa wykresu rozciągania nie wykazuje wyraźnej granicy plastyczności, to należy przyjmować umowną granicę plastyczności przy odkształceniu 0,2%. (Kodeks IGF, 7.3.4.1)

**7.3.4.2** Tam, gdzie jest to konieczne ze względu na wytrzymałość mechaniczną, aby zapobiec uszkodzeniu, zgnieceniu, nadmiernemu ugięciu lub wyboczeniu rur z powodu oddziaływania nakładających się obciążeń, 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, zapobiec im lub wyeliminować przez stosowanie innych metod projektowych. Takie nakładające się obciążenia mogą być wywołane przez: podpory, ugięcia statku, gwałtowny skok ciśnienia cieczy w czasie przepompowywania paliwa, ciężar zamontowanych zaworów, oddziaływanie przyłączy ramion załadunkowych lub inne przyczyny. (Kodeks IGF, 7.3.4.2)

**7.3.4.3** W przypadku rur wykonanych z materiałów innych niż stal, Administracja powinna rozpatrzyć dopuszczalne naprężenia. (Kodeks IGF, 7.3.4.3)

**7.3.4.4** Wysokociśnieniowe instalacje paliwa powinny mieć wystarczającą wytrzymałość konstrukcyjną. Powinno to zostać potwierdzone poprzez przeprowadzenie analizy naprężeń oraz uwzględnienie:

- .1 naprężeń wywołanych ciężarem instalacji rurociągów;
- .2 istotnych obciążeń od przyspieszeń; oraz
- .3 ciśnienia wewnętrznego oraz obciążenia od wygięcia i ugięcia statku. (Kodeks IGF, 7.3.4.4)

**7.3.4.5** W przypadku, gdy temperatura projektowa wynosi minus 110°C lub mniej, dla każdego odgałęzienia rurociągu należy wykonać pełną analizę naprężeń, z uwzględnieniem wszystkich naprężeń wywołanych ciężarem rurociągu, w tym od przyspieszeń, jeśli są one znaczne, ciśnienia wewnętrznego, kurczliwości termicznej oraz obciążeń wywołanych ugięciami i zwisem kadłuba statku. (Kodeks IGF, 7.3.4.5)

### **7.3.5 Elastyczność rurociągów** (Kodeks IGF, 7.3.5)

**7.3.5.1** Rozmieszczenie i zainstalowanie rurociągów paliwa gazowego powinno zapewniać ich niezbędną elastyczność w celu utrzymania integralności instalacji rurociągów w rzeczywistych warunkach eksploatacyjnych, z uwzględnieniem potencjalnego zmęczenia materiału. (Kodeks IGF, 7.3.5.1)

### **7.3.6 Wykonywanie rurociągów oraz sposoby ich łączenia** (Kodeks IGF, 7.3.6)

**7.3.6.1** Kołnierze, zawory oraz pozostała armatura powinny spełniać wymagania norm akceptowanych przez Administrację, z uwzględnieniem ciśnienia projektowego określonego w 7.3.3.1. W przypadku kompensatorów mieszkowych i złączy kompensacyjnych wykorzystywanych w odprowadzaniu par gazu można zaakceptować minimalne ciśnienie projektowe niższe niż to określone w 7.3.3.1. (Kodeks IGF, 7.3.6.1)

**7.3.6.2** Wszystkie zawory i złącza kompensacyjne stosowane w wysokociśnieniowych instalacjach paliwowych powinny być uznane zgodnie z normą akceptowaną przez Administrację. (Kodeks IGF, 7.3.6.2)

**7.3.6.3** Instalacje rurociągów powinny być łączone poprzez spawanie przy jak najmniejszej liczbie połączeń kołnierzowych. Uszczelki należy zabezpieczyć przed wydmuchaniem. (Kodeks IGF, 7.3.6.3)

#### **Uwaga:**

Patrz także interpretacje w 9.2.2.

**7.3.6.4** Wykonanie rurociągów i sposoby ich łączenia powinny spełniać następujące wymagania: (Kodeks IGF, 7.3.6.4)

#### **7.3.6.4.1 Połączenia bezpośrednie**

- .1** Połączenia spawane doczołowo z pełnym przetopem do grani mogą być wykorzystywane we wszystkich zastosowaniach. Dla temperatur projektowych poniżej minus 10°C spoiny doczołowe powinny być albo spawane dwustronnie, albo w sposób równoważny doczołowej spoinie dwustronnej. Można to osiągnąć poprzez stosowanie podkładki pierścieniowej, spawanie z wkładką łatwo topliwą lub poprzez stosowanie osłony gazu obojętnego przy pierwszej warstwie. W przypadku ciśnień projektowych przekraczających 1,0 MPa oraz temperatur projektowych wynoszących minus 10°C lub niższych, podkładki pierścieniowe należy usunąć.
- .2** Spawane połączenia nakładkowe z tulejami i spoinami o wymiarach zgodnych z uznanymi normami mogą być stosowane wyłącznie do rurociągów służących do oprzyrządowania oraz tych z otwartymi końcami o średnicy zewnętrznej 50 mm lub mniejszej i temperaturach projektowych nie niższych niż minus 55°C.
- .3** Złącza skręcane zgodne z uznanymi normami mogą być stosowane wyłącznie do rurociągów pomocniczych oraz rurociągów oprzyrządowania o średnicy zewnętrznej 25 mm lub mniejszej. (Kodeks IGF, 7.3.6.4.1)



#### 7.3.6.4.2 Połączenia kołnierzowe

- .1 W połączeniach kołnierzowych należy stosować kołnierze przypawane z szyjką, kołnierze nasuwkowe lub kołnierze z przylgą; oraz
- .2 W przypadku wszystkich rurociągów, z wyjątkiem tych o otwartych końcach, mają zastosowanie niżej wymienione ograniczenia:
  - .1 w przypadku temperatur projektowych niższych niż minus 55°C należy stosować wyłącznie przypawane kołnierze z szyjką; oraz
  - .2 w przypadku temperatur projektowych niższych niż minus 10°C nie powinno się stosować kołnierzy nasuwkowych o średnicach nominalnych powyżej 100 mm oraz przypawanych kołnierzy z przylgą o średnicach nominalnych powyżej 50 mm. (Kodeks IGF, 7.3.6.4.2)

#### 7.3.6.4.3 Złącza kompensacyjne

W przypadku zastosowania kompensatorów mieszkowych oraz złącz kompensacyjnych zgodnie z 7.3.6.1, zastosowanie mają poniższe wymagania:

- .1 jeśli to konieczne, kompensatory mieszkowe należy zabezpieczyć przed oblodzeniem;
- .2 złącza przesuwne nie mogą być stosowane, z wyjątkiem rejonów wewnątrz zbiorników skroplonego paliwa gazowego; oraz
- .3 kompensatory mieszkowe zasadniczo nie powinny być umieszczane w przestrzeniach zamkniętych. (Kodeks IGF, 7.3.6.4.3)

#### 7.3.6.4.4 Inne połączenia

Rurociągi powinny być łączone zgodnie z wymaganiami 7.3.6.4.1 do 7.3.6.4.3, lecz w innych wyjątkowych przypadkach Administracja może rozważyć rozwiązania alternatywne. (Kodeks IGF, 7.3.6.4.4)

### 7.4 Materiały (Kodeks IGF, 7.4)

#### 7.4.1 Materiały metalowe (Kodeks IGF, 7.4.1)

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

Tabela 7.1:

Blachy, rury (bez szwu i ze szwem), kształtowniki i odkuwki na zbiorniki paliwa oraz technologiczne zbiorniki ciśnieniowe dla temperatur projektowych nie niższych niż 0°C.

Tabela 7.2:

Blachy, kształtowniki i odkuwki na zbiorniki paliwa, bariery wtórne oraz technologiczne zbiorniki ciśnieniowe dla temperatur projektowych poniżej 0°C do minus 55°C.

Tabela 7.3:

Blachy, kształtowniki i odkuwki na zbiorniki paliwa, bariery wtórne oraz technologiczne zbiorniki ciśnieniowe dla temperatur projektowych poniżej minus 55°C do minus 165°C.

Tabela 7.4:

Rury (bez szwu i ze szwem), odkuwki i odlewy na rurociągi paliwowe i technologiczne dla temperatur projektowych poniżej 0°C do minus 165°C.

Tabela 7.5:

Blachy i kształtowniki na konstrukcje kadłuba wymagane w 6.4.13.1.1.2. (Kodeks IGF, 7.4.1.1)

**Tabela 7.1****Blachy, rury (bez szwu i spawane)<sup>1),2)</sup>, kształtowniki i odkuwki na zbiorniki paliwa oraz technologiczne zbiorniki ciśnieniowe dla temperatur projektowych nie niższych od 0°C**

SKŁAD CHEMICZNY I OBRÓBKA CIEPLNA		
<ul style="list-style-type: none"> <li>Stal węglowo-manganowa</li> </ul>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>Całkowicie uspokojona stal drobnoziarnista <sup>6)</sup></li> </ul>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>Małe dodatki pierwiastków stopowych za zgodą Administracji</li> </ul>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>Ograniczenia składu zatwierdzone przez Administrację</li> </ul>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>Normalizowana (N) lub ulepszana cieplnie (QT) <sup>4)</sup></li> </ul>		
WYMAGANIA DOTYCZĄCE PRÓB WYTRZYMAŁOŚCI NA ROZCIĄGANIE I PRÓB UDARNOŚCI		
Częstotliwość próbkowania		
<ul style="list-style-type: none"> <li>Blachy</li> </ul>	Próbie podlega każdy arkusz	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Kształtowniki i odkuwki</li> </ul>	Próbie podlega każda partia	
Właściwości mechaniczne		
<ul style="list-style-type: none"> <li>Wytrzymałość na rozciąganie</li> </ul>	Określona minimalna granica plastyczności $R_e \leq 410 \text{ MPa}$ <sup>2),5)</sup>	
Próba udarności (Charpy V)		
<ul style="list-style-type: none"> <li>Blachy</li> </ul>	Próbki poprzeczne. Minimalna średnia wartość pracy łamania (KV) 27 J	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Kształtowniki i odkuwki</li> </ul>	Próbki wzdłużne. Minimalna średnia wartość pracy łamania (KV) 41 J	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Temperatura próby</li> </ul>	Grubość $t$ [mm]	Temperatura próby [°C]
	$t \leq 20$	0
	$20 < t \leq 40$ <sup>3)</sup>	-20
<p>Uwagi:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) W przypadku rur i kształtek bez szwu stosuje się normalną praktykę odbiorczą. Stosowanie rur spawanych wzdłużnie lub spiralnie wymaga specjalnego zatwierdzenia przez Administrację.</li> <li>2) Próba udarności Charpy V nie jest wymagana dla rur.</li> <li>3) Niniejsza tabela zasadniczo ma zastosowanie do materiałów o grubości do 40 mm. Propozycje większych grubości powinny być zatwierdzone przez Administrację.</li> <li>4) Alternatywnie może być stosowana technologia kontrolowanego walcowania (CR) lub kontrolowana obróbka termiczno-mechaniczna (TMCP).</li> <li>5) Materiały o określonej minimalnej granicy plastyczności (<math>R_e</math>) przekraczającej 410 MPa mogą być zatwierdzone przez Administrację. W przypadku takich materiałów należy zwrócić szczególną uwagę na twardość strefy spawania i strefy wpływu ciepła.</li> </ol>		

**Tabela 7.2**  
**Blachy, kształtowniki i odkuwki <sup>1)</sup> na zbiorniki paliwowe, bariery wtórne oraz technologiczne zbiorniki ciśnieniowe dla temperatur projektowych poniżej 0°C do minus 55°C**  
**Grubość maksymalna 25 mm <sup>2)</sup>**

SKŁAD CHEMICZNY I OBRÓBKA CIEPLNA					
<ul style="list-style-type: none"> <li>Stal węglowo-manganowa</li> </ul>					
<ul style="list-style-type: none"> <li>Całkowicie uspokojona drobnoziarnista stal z dodatkiem aluminium <sup>6)</sup></li> </ul>					
<ul style="list-style-type: none"> <li>Skład chemiczny (analiza wytopowa) [%]</li> </ul>					
C	Mn	Si	S	P	
Maks. 0.16 <sup>3)</sup>	0.70÷1.60	0.10÷0.50	Maks. 0.025	Maks. 0.025	
Dodatki opcjonalne: składniki stopowe oraz rozdrabniające ziarno mogą być stosowane zgodnie z poniższym schematem					
Ni	Cr	Mo	Cu	Nb	V
Maks. 0.80	Maks. 0.25	Maks. 0.08	Maks. 0.35	Maks. 0.05	Maks. 0.10
Całkowita zawartość aluminium min. 0,020% (rozpuszczalne w kwasach min. 0,015%)					
<ul style="list-style-type: none"> <li>Normalizowana (N) lub ulepszana cieplnie (QT) <sup>4)</sup></li> </ul>					
WYMAGANIA DOTYCZĄCE PRÓB WYTRZYMAŁOŚCI NA ROZCIĄGANIE I PRÓB UDARNOŚCI					
Częstotliwość próbkowania					
<ul style="list-style-type: none"> <li>Blachy</li> </ul>		Próbie podlega każdy arkusz			
<ul style="list-style-type: none"> <li>Kształtowniki i odkuwki</li> </ul>		Próbie podlega każda partia			
Właściwości mechaniczne					
<ul style="list-style-type: none"> <li>Wytrzymałość na rozciąganie</li> </ul>		Określona minimalna granica plastyczności $R_e \leq 410 \text{ MPa}$ <sup>5)</sup>			
Próba udarności (Charpy V)					
<ul style="list-style-type: none"> <li>Blachy</li> </ul>		Próbki poprzeczne. Minimalna średnia wartość pracy łamania (KV) 27 J			
<ul style="list-style-type: none"> <li>Kształtowniki i odkuwki</li> </ul>		Próbki wzdłużne. Minimalna średnia wartość pracy łamania (KV) 41 J			
<ul style="list-style-type: none"> <li>Temperatura próby</li> </ul>		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, $t$ [mm]		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 zatwierdzona przez Administrację			
Wartość energii udaru powinna być zgodna z tabelą dla odpowiedniego typu próbki do badań.					
Materiały na zbiorniki i części zbiorników, które po spawaniu są całkowicie odprężone termicznie, mogą być badane w temperaturze o 5°C niższej od temperatury projektowej lub -20°C, w zależności od tego, która z tych wartości jest niższa.					
W przypadku elementów wzmacniających odprężonych termicznie i innych elementów wyposażenia, temperatura badania powinna być taka sama, jak temperatura wymagana dla grubości sąsiadującego poszycia zbiornika.					
3) Po specjalnym uzgodnieniu z Administracją, zawartość węgla może zostać zwiększona maksymalnie do 0,18%, pod warunkiem że temperatura projektowa nie jest niższa niż -40°C.					
4) Alternatywnie można zastosować technologię kontrolowanego walcowania (CR) lub kontrolowanej obróbki termiczno-mechanicznej (TMCP).					
5) Administracja może zatwierdzić materiały o określonej minimalnej granicy plastyczności przekraczającej 410 MPa. W przypadku tych materiałów należy zwrócić szczególną uwagę na twardość stref spawanych i stref wpływu ciepła.					

## Wskazówka:

W przypadku materiałów o grubości przekraczającej 25 mm, dla których temperatura próby wynosi  $-60^{\circ}\text{C}$  lub mniej, może być konieczne zastosowanie stali poddanej specjalnej obróbce lub stali zgodnie z tabelą 7.3.

Tabela 7.3

**Blachy, kształtowniki i odkuwki <sup>1)</sup> na zbiorniki paliwowe, bariery wtórne oraz technologiczne zbiorniki ciśnieniowe dla temperatur projektowych poniżej  $-55^{\circ}\text{C}$  do minus  $165^{\circ}\text{C}$  <sup>2)</sup>**  
**Grubość maksymalna 25 mm <sup>3), 4)</sup>**

Minimalna temperatura projektowa [ $^{\circ}\text{C}$ ]	Skład chemiczny <sup>5)</sup> oraz obróbka cieplna	Temperatura próby udarności [ $^{\circ}\text{C}$ ]								
-60	Stal zawierająca 1,5% niklu – normalizowana lub normalizowana i odpuszczana lub ulepszona cieplnie lub TMCP <sup>6)</sup>	-65								
-65	Stal zawierająca 2,25% niklu – normalizowana lub normalizowana i odpuszczana lub ulepszona cieplnie lub TMCP <sup>6), 7)</sup>	-70								
-90	Stal zawierająca 3,5% niklu – normalizowana lub normalizowana i odpuszczana lub ulepszona cieplnie lub TMCP <sup>6), 7)</sup>	-95								
-105	Stal zawierająca 5% niklu – normalizowana lub normalizowana i odpuszczana lub ulepszona cieplnie lub TMCP <sup>6), 7), 8)</sup>	-110								
-165	Stal zawierająca 9% niklu – podwójnie normalizowana i odpuszczana lub ulepszona cieplnie <sup>6)</sup>	-196								
-165	Stale austenityczne, takie jak typów 304, 304L, 316, 316L, 321 oraz 347 – przesycone <sup>9)</sup>	-196								
-165	Stopy aluminium; takie jak typu 5083 wyżarzane	Nie jest wymagana								
-165	Austenityczny stop Fe-Ni (36% niklu). Obróbka cieplna według uzgodnienia	Nie jest wymagana								
<b>WYMAGANIA DOTYCZĄCE PRÓB WYTRZYMAŁOŚCI NA ROZCIĄGANIE I UDAR</b>										
Częstotliwość próbkowania										
▪ Blachy	Próbie podlega każdy arkusz									
▪ Kształtowniki i odkuwki	Próbie podlega każda partia									
Próba udarności (Charpy V)										
▪ Blachy	Próbki poprzeczne. Minimalna średnia wartość pracy łamania (KV) 27 J									
▪ Kształtowniki i odkuwki	Próbki wzdłużne. Minimalna średnia wartość pracy łamania (KV) 41 J									
Uwagi:										
1) Próba udarności wymagana dla odkuwek przewidzianych do zastosowań krytycznych podlega specjalnemu rozpatrzeniu przez Administrację.										
2) Wymagania dla temperatur projektowych poniżej $-165^{\circ}\text{C}$ podlegają specjalnemu uzgodnieniu z Administracją.										
3) W przypadku materiałów zawierających 1,5% Ni, 2,25% Ni, 3,5% Ni oraz 5% Ni, o grubości większej niż 25 mm, próby udarności przeprowadza się w następujący sposób:										
<table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th>Grubość materiału [mm]</th> <th>Temperatura próby [<math>^{\circ}\text{C}</math>]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><math>25 &lt; t \leq 30</math></td> <td><math>10^{\circ}\text{C}</math> poniżej temperatury projektowej</td> </tr> <tr> <td><math>30 &lt; t \leq 35</math></td> <td><math>15^{\circ}\text{C}</math> poniżej temperatury projektowej</td> </tr> <tr> <td><math>35 &lt; t \leq 40</math></td> <td><math>20^{\circ}\text{C}</math> poniżej temperatury projektowej</td> </tr> </tbody> </table>			Grubość materiału [mm]	Temperatura próby [ $^{\circ}\text{C}$ ]	$25 < t \leq 30$	$10^{\circ}\text{C}$ poniżej temperatury projektowej	$30 < t \leq 35$	$15^{\circ}\text{C}$ poniżej temperatury projektowej	$35 < t \leq 40$	$20^{\circ}\text{C}$ poniżej temperatury projektowej
Grubość materiału [mm]	Temperatura próby [ $^{\circ}\text{C}$ ]									
$25 < t \leq 30$	$10^{\circ}\text{C}$ poniżej temperatury projektowej									
$30 < t \leq 35$	$15^{\circ}\text{C}$ poniżej temperatury projektowej									
$35 < t \leq 40$	$20^{\circ}\text{C}$ poniżej temperatury projektowej									
Wartość energii uderzenia (KV) powinna odpowiadać wartości podanej w tabeli dla danego typu próbki. Dla materiału o grubości powyżej 40 mm, wartości pracy łamania Charpy V podlegają specjalnemu rozpatrzeniu.										
4) W przypadku stali o zawartości 9% Ni, austenitycznych stali nierdzewnych oraz stopów aluminium, można stosować grubości większe niż 25 mm.										
5) Limity składu chemicznego powinny być zgodne z uznanymi normami.										
6) Stale niklowe poddane kontrolowanej obróbce termomechanicznej (TMCP) będą podlegały akceptacji przez Administrację.										

- 7) Niższa minimalna temperatura projektowa dla stali ulepszonych cieplnie może być specjalnie uzgodniona z Administracją.
- 8) Stal o zawartości 5% Ni poddana specjalnej obróbce cieplnej, np. stal o zawartości 5% Ni poddana potrójnej obróbce cieplnej, może być stosowana do temperatury  $-165^{\circ}\text{C}$ , pod warunkiem że próby udarności zostaną przeprowadzane w temperaturze  $-196^{\circ}\text{C}$ .
- 9) Próba udarności może zostać pominięta, pod warunkiem uzgodnienia z Administracją.

**Tabela 7.4**  
**Rury (bez szwu i spawane) <sup>1)</sup>, odkuwki <sup>2)</sup> i odlewy <sup>2)</sup> na rurociągi paliwowe**  
**i technologiczne dla temperatur projektowych poniżej  $0^{\circ}\text{C}$  do  $-165^{\circ}\text{C}$  <sup>3)</sup>**  
**Grubość maksymalna 25 mm**

Min. temp. projektowa [°C]	Skład chemiczny <sup>5)</sup> 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 <sup>6)</sup>	Patrz uwaga 4)	27
-65	Stal zawierająca 2,25% niklu – normalizowana lub normalizowana i odpuszczana lub ulepszona cieplnie <sup>6)</sup>	-70	34
-90	Stal zawierająca 3,5% niklu – normalizowana lub normalizowana i odpuszczana lub ulepszona cieplnie <sup>6)</sup>	-95	34
-165	Stal zawierająca 9% niklu <sup>7)</sup> – podwójnie normalizowana i odpuszczana lub ulepszona cieplnie	-196	41
	Stale austenityczne, takie jak typów 304, 304L, 316, 316 L, 321 oraz 347, przesycone <sup>8)</sup>	-196	41
	Stopy aluminium; takie jak typu 5083, wyżarzane	Nie jest wymagana	
<b>WYMAGANIA DOTYCZĄCE PRÓB WYTRZYMAŁOŚCI NA ROZCIĄGANIE I UDAR</b>			
Częstotliwość próbkowania			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Próbie podlega każda partia</li> </ul>			
Próba udarności (Charpy V)			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Próba udarności: próbki wzdłużne</li> </ul>			
<p>Uwagi:</p> <p>1) Stosowanie rur spawanych wzdłużnie lub spiralnie wymaga specjalnego zatwierdzenia przez Administrację.</p> <p>2) Wymagania dotyczące odkuwek i odlewów mogą podlegać specjalnemu rozpatrzeniu przez Administrację.</p> <p>3) Wymagania dla temperatur projektowych poniżej <math>-165^{\circ}\text{C}</math> powinny być specjalnie uzgodnione z Administracją.</p> <p>4) Temperatura próby powinna być o <math>5^{\circ}\text{C}</math> niższa od temperatury projektowej lub wynosić <math>-20^{\circ}\text{C}</math>, przyjmując niższą wartość.</p> <p>5) Limity składu chemicznego powinny być zgodne z uznanymi normami.</p> <p>6) Niższa temperatura projektowa może być specjalnie uzgodniona z Administracją dla materiałów ulepszonych cieplnie.</p> <p>7) Materiał o takim składzie chemicznym nie jest odpowiedni na odlewy.</p> <p>8) Próby udarności mogą być pominięte, po uzgodnieniu z Administracją.</p>			

**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 tabelą 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 na rurociągi przebiegające poza zbiornikami paliwa. (Kodeks IGF, 7.4.1.2)

**7.4.1.3** W przypadku zbiorników CNG, stosowanie materiałów nieujętych powyżej może podlegać specjalnemu rozpatrzeniu przez Administrację. (Kodeks IGF, 7.4.1.3)

**7.4.1.4** Tam gdzie jest to wymagane, zewnętrzna rura lub kanał z gazem pod wysokim ciśnieniem w rurociągu wewnętrznym powinny co najmniej spełniać wymagania dotyczące materiałów na rurociągi o temperaturze projektowej do -55°C, zawarte w tabeli 7.4. (Kodeks IGF, 7.4.1.4)

**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 minus 165°C, zawarte w tabeli 7.4. (Kodeks IGF, 7.4.1.5)

## 8 BUNKROWANIE (KODEKS IGF, 8)

### Uwaga:

O ile wyraźnie nie postanowiono inaczej, wymagania (Części A-1 Kodeksu IGF) Rozdziału 8 mają zastosowanie również do statków wykorzystujących LPG jako paliwo. (MSC.1/Circ.1666, 8.3.1)

### 8.1 Cel

Celem niniejszego rozdziału jest przewidzenie na statku odpowiednich systemów zapewniających, że bunkrowanie może być prowadzone bez stwarzania zagrożenia dla ludzi, środowiska lub statku. (Kodeks IGF, 8.1)

Wytyczne dotyczące bunkrowania LNG – patrz Publikacja 116/P.

### 8.2 Wymagania funkcjonalne (Kodeks IGF, 8.2)

8.2.1 Rozdział niniejszy dotyczy wymagań funkcjonalnych podanych w 3.2.1 do 3.2.11 i 3.2.13 do 3.2.17. W szczególności obowiązują następujące wymagania: (Kodeks IGF, 8.2.1)

8.2.1.1 System rurociągów przesyłu paliwa do zbiornika magazynowego powinien być tak zaprojektowany, aby jakiegokolwiek wyciek z rurociągu nie mógł spowodować zagrożenia dla personelu, środowiska lub statku. (Kodeks IGF, 8.2.1.1)

8.2.1.2 W przypadku LPG, dodatkowo obowiązują następujące wymagania:

- 1 systemy bunkrowania powinny być dostosowane do temperatury, ciśnienia i każdego składu LPG stosowanego na statku. (MSC.1/Circ.1666, 8.2.3)
- 2 należy zapewnić środki do postępowania z parami powstającymi w zbiorniku podczas przesyłu bunkru. Jeżeli na statku nie przewidziano środków do postępowania z parami, to na kolektorze do bunkrowania powinno być zamontowane przyłącze powrotne par. (MSC.1/Circ.1666, 8.2.4)

### 8.3 Stacja bunkrowania (Kodeks IGF, 8.3)

#### 8.3.1 Postanowienia ogólne (Kodeks IGF, 8.3.1)

8.3.1.1 Stacja bunkrowania powinna być usytuowana na pokładzie otwartym, tak aby zapewnić wystarczającą naturalną wentylację. Zamknięte lub półzamknięte stacje bunkrowania podlegają szczególnemu rozpatrzeniu w ramach oceny ryzyka (patrz 4.2). (Kodeks IGF, 8.3.1.1)

#### Interpretacja IACS oraz IMO:

Szczególnie rozpatrzenie powinno obejmować co najmniej następujące kwestie projektowe:

- oddzielenie, w odniesieniu do innych obszarów statku;
- plany obszarów niebezpiecznych dla statku;
- wymagania dotyczące wentylacji mechanicznej;
- wymagania dotyczące wykrywania wycieków (np. wykrywanie gazu i wykrywanie niskiej temperatury);
- działania funkcji bezpieczeństwa związane z wykrywaniem wycieków (np. wykrywanie gazu i wykrywanie niskiej temperatury);
- dostęp do stacji bunkrowania z obszarów bezpiecznych przez śluzy powietrzne;
- monitorowanie stacji bunkrowania będącej w bezpośrednim polu widzenia lub za pomocą telewizji przemysłowej (CCTV). (IACS UI GF9, MSC.1/Circ.1558)

8.3.1.2 Połączenia i rurociągi powinny być tak usytuowane i rozmieszczone, aby jakiegokolwiek uszkodzenie rurociągu paliwa nie spowodowało uszkodzenia statkowego systemu magazynowania paliwa, skutkującego niekontrolowaną emisją gazu. (Kodeks IGF, 8.3.1.2)

**8.3.1.3** Należy przedsięwziąć środki w celu bezpiecznego postępowania w przypadku rozlanego paliwa. (Kodeks IGF, 8.3.1.3)

**8.3.1.4** Należy zapewnić odpowiednie środki w celu rozładowania ciśnienia i usunięcia cieczy z rurociągów ssących pomp i rurociągów bunkrowania. Ciecz należy odprowadzać do zbiorników skroplonego paliwa gazowego lub w inne odpowiednie miejsce. (Kodeks IGF, 8.3.1.4)

**8.3.1.5** Konstrukcje kadłuba lub pokładu otaczające rurociągi bunkrowania nie powinny być narażone na niedopuszczalne ochłodzenie w przypadku wycieku paliwa. (Kodeks IGF, 8.3.1.5)

**8.3.1.6** W przypadku stacji bunkrowania CNG należy rozważyć zastosowanie osłon ze stali niskotemperaturowej, jeżeli stwierdzono, że możliwe jest wydostawanie się zimnych strumieni gazu i bezpośrednio ich oddziaływanie na otaczającą konstrukcję kadłuba. (Kodeks IGF, 8.3.1.6)

**W przypadku statków wykorzystujących LPG jako paliwo, 8.3.1.6 (Kodeksu IGF) nie ma zastosowania.** (MSC.1/Circ.1666, 8.3.2)

**8.3.1.7** W przypadku statków wykorzystujących LPG jako paliwo, **w uzupełnieniu wymagań 8.3.1 (Kodeksu IGF), kolektory bunkrowe podczas przesyłania bunkru powinny być ciągle monitorowane przez załogę statku z obszaru bezpiecznego, będąc w bezpośrednim polu widzenia lub za pomocą telewizji przemysłowej (CCTV).** (MSC.1/Circ.1666, 15.3.3)

**8.3.2 Statkowe węże paliwowe** (Kodeks IGF, 8.3.2)

**8.3.2.1** Węże do cieczy i par używane do przesyłu paliwa muszą być kompatybilne z paliwem i odpowiednie do temperatury paliwa. (Kodeks IGF, 8.3.2.1)

**8.3.2.2** Węże, na które działa ciśnienie panujące w zbiorniku lub ciśnienie tłoczenia pomp lub sprężarek par powinny być zaprojektowane na ciśnienie rozrywające nie mniejsze niż pięciokrotność maksymalnego ciśnienia, na które wąż może być narażony podczas bunkrowania. (Kodeks IGF, 8.3.2.2)

**8.4 Kolektor** (Kodeks IGF, 8.4)

**8.4.1** Kolektor do bunkrowania powinien być tak zaprojektowany, aby wytrzymał obciążenia zewnętrzne podczas bunkrowania. Połączenia na stanowisku bunkrowania powinny być typu suchorozłącznego wyposażone w dodatkowe złącze bezpieczeństwa suchozrywalne/samouszczelniające szybkołączące. Złącza powinny być typu znormalizowanego. (Kodeks IGF, 8.4.1)

**8.5 System bunkrowania** (Kodeks IGF, 8.5)

**8.5.1** Należy przewidzieć możliwość przedmuchiwania linii bunkrowania gazem obojętnym. (Kodeks IGF, 8.5.1)

**8.5.2** System bunkrowania powinien być tak wykonany, aby podczas napełniania zbiorników magazynowych nie dochodziło do usuwania gazu do atmosfery. (Kodeks IGF, 8.5.2)

**8.5.3** Ręcznie sterowany zawór zaporowy i usytuowany za nim zdalnie sterowany zawór odcinający lub kombinowany zawór sterowany ręcznie i zdalnie, powinny być zamontowane na każdej linii bunkrowania w pobliżu punktu podłączenia. Powinna istnieć możliwość obsługi zaworu zdalnego ze stanowiska sterowania operacjami bunkrowania i/lub z innego bezpiecznego miejsca. (Kodeks IGF, 8.5.3)



**8.5.4** Należy zapewnić środki do spuszczenia paliwa z rurociągów bunkrowych po zakończeniu operacji bunkrowania. (Kodeks IGF, 8.5.4)

**8.5.5** Linie bunkrowania powinny być tak zaprojektowane, aby zapewniona była możliwość ich zubożenia i odgazowywania. Rurociągi bunkrowe, gdy nie są używane do bunkrowania, powinny być odgazowane, chyba że skutki braku ich odgazowania zostaną oszacowane i zatwierdzone. (Kodeks IGF, 8.5.5)

**8.5.6** W przypadku gdy linie bunkrowania mają przyłącza po obu burtach należy przewidzieć odpowiednie odcięcie, aby zapewnić, że paliwo nie zostanie przypadkowo przesłane na burtę statku, która nie jest wykorzystywana do bunkrowania. (Kodeks IGF, 8.5.6)

**8.5.7** Należy zainstalować urządzenie komunikacyjne statek – ląd (SSL) lub równoważne środki automatycznej i ręcznej łączności statku ze źródłem bunkrowania w celu wyłączenia awaryjnego (ESD). (Kodeks IGF, 8.5.7)

**8.5.8** W przypadku, gdy nie wykazano, że wymagana jest wyższa wartość ze względu na możliwy wzrost ciśnienia, to domyślny czas obliczony zgodnie z 16.7.3.7 od uruchomienia alarmu do całkowitego zamknięcia zdalnie sterowanego zaworu wymaganego w 8.5.3, powinien być odpowiednio skorygowany. (Kodeks IGF, 8.5.8)

## 9 ZASILANIE PALIWEM ODBIORNIKÓW (KODEKS IGF, 9)

### Uwaga:

O ile wyraźnie nie postanowiono inaczej, wymagania (Części A-1 Kodeksu IGF) Rozdziału 9 mają zastosowanie również do statków wykorzystujących LPG jako paliwo. (MSC.1/Circ.1666, 9.3.1)

### 9.1 Cel

Celem niniejszego rozdziału jest zapewnienie bezpiecznej i niezawodnej dystrybucji paliwa do odbiorników. (Kodeks IGF, 9.1)

### 9.2 Wymagania funkcjonalne

Rozdział niniejszy dotyczy wymagań funkcjonalnych podanych w 3.2.1 do 3.2.6, 3.2.8 do 3.2.11 i 3.2.13 do 3.2.17. W szczególności obowiązują następujące wymagania:

- .1 system zasilania paliwem powinien być tak wykonany, aby skutki jakiegokolwiek wycieku paliwa były jak najmniejsze, zapewniając jednocześnie bezpieczny dostęp do obsługi i przeglądów;
- .2 system rurociągów do przesyłania paliwa do odbiorników powinien być zaprojektowany w taki sposób, aby uszkodzenie jednej bariery nie mogło prowadzić do wycieku z systemu rurociągów do otoczenia, powodującego zagrożenie dla osób na pokładzie, środowiska lub statku; oraz

#### **Interpretacja IACS oraz IMO:**

*W celu spełniania postanowień Części A-1, paragrafów 9.2.2, 9.6.1 oraz 7.3.6.3 Kodeksu IGF, należy zainstalować dwie niezależne bariery bezpieczeństwa, przy stosowaniu, na ile to możliwe, jak najmniejszej liczby połączeń kołnierzowych. Nie należy dopuścić do takiej sytuacji gdy zastosowanie pojedynczego wspólnego kołnierza lub innego komponentu doprowadzi do przełamania zarówno bariery pierwotnej jak i wtórnej, czego wynikiem będzie wyciek gazu z rurociągów do otoczenia, powodując zagrożenie dla osób na pokładzie, środowiska lub statku.*

*Pojedynczy wspólny kołnierz (z dwoma systemami uszczelniającymi) może być zaakceptowany jako przyłącze paliwa do odbiorników gazu, włącznie z układami spalania gazu, kotłami oraz komponentami na silniku, takimi jak układy regulacji gazu. (IACS UI GF19, MSC.1/Circ.1670)*

- .3 przewody paliwowe na zewnątrz przedziałów maszynowych powinny być tak zainstalowane i zabezpieczone, aby zminimalizować ryzyko obrażeń personelu i uszkodzenia statku w przypadku wycieku gazu. (Kodeks IGF, 9.2)

W przypadku LPG, obowiązują dodatkowe następujące wymagania:

- .1 systemy zasilania paliwem powinny być zdolne dostarczać paliwo przy wymaganym ciśnieniu, temperaturze i natężeniu przepływu; oraz (MSC.1/Circ.1666, 9.2.4)
- .2 tam, gdzie systemy zasilania paliwem dostarczają LPG w stanie ciekłym, należy zwrócić szczególną uwagę na przedmuchiwanie, drenaż, odpowietrzanie i wycieki, aby zapewnić poziom bezpieczeństwa równoważny poziomowi dla paliwa w stanie gazowym. (MSC.1/Circ.1666, 9.2.5)

### 9.3 Redundancja zasilania paliwem (Kodeks IGF, 9.3)

**9.3.1** W przypadku instalacji jednopaliwowych układ zasilania paliwem powinien być zaprojektowany z zachowaniem pełnej redundancji i separacji na całej drodze od zbiorników paliwa do odbiornika, tak aby wyciek w jednym systemie nie doprowadził do nieakceptowalnej utraty mocy. (Kodeks IGF, 9.3.1)

**9.3.2** W przypadku instalacji jednopaliwowych, magazynowanie paliwa powinno być podzielone na dwa lub więcej zbiorników. Zbiorniki powinny być umieszczone w oddzielnych przedziałach. (Kodeks IGF, 9.3.2)

**9.3.3** Tylko w przypadku zbiorników typu C, jeden zbiornik może zostać zaakceptowany, jeżeli dla takiego jednego zbiornika przewidziano dwie całkowicie oddzielne przestrzenie przyłączeniowe zbiornika. (Kodeks IGF, 9.3.3)

#### **9.4 Funkcje bezpieczeństwa systemu zasilania gazem (Kodeks IGF, 9.4)**

**9.4.1** Wloty i wyloty zbiorników paliwa powinny być wyposażone w zawory umieszczone jak najbliżej zbiornika. Zawory, które muszą być obsługiwane podczas normalnej pracy\*, a które nie są dostępne, powinny być obsługiwane zdalnie. Zawory zbiorników, niezależnie od tego, czy są dostępne, czy nie, powinny działać automatycznie po aktywacji systemu bezpieczeństwa wymaganego w 15.2.2. (Kodeks IGF, 9.4.1)

\* W tym kontekście normalna praca ma miejsce, gdy gaz jest dostarczany do odbiorników i podczas operacji bunkrowania.

**9.4.2** Główna linia zasilająca gazu do każdego odbiornika lub zespołu odbiorników powinna być wyposażona w ręcznie sterowany zawór zaporowy i automatycznie uruchamiany „główny zawór paliwa gazowego” połączone szeregowo lub w kombinowany zawór sterowany ręcznie i automatycznie. Zawory te powinny być umieszczone w części rurociągu znajdującej się poza przedziałem maszynowym, w którym znajdują się odbiorniki gazu, i możliwie najbliżej instalacji podgrzewania gazu, jeżeli jest zainstalowana. Główny zawór paliwa gazowego powinien automatycznie odcinać dopływ gazu po jego aktywacji przez system bezpieczeństwa, wymagany w 15.2.2. (Kodeks IGF, 9.4.2)

**9.4.3** Automatyczny główny zawór paliwa gazowego powinien być obsługiwany z bezpiecznych miejsc na drogach ewakuacyjnych wewnątrz przedziału maszynowego, w którym znajduje się odbiornik gazu, z centrali manewrowo-kontrolnej maszynowni, jeśli ma to zastosowanie, spoza przedziału maszynowego oraz z mostka nawigacyjnego. (Kodeks IGF, 9.4.3)

**9.4.4** Każdy odbiornik gazu powinien być wyposażony w układ zaworów „podwójnej blokady i upustu”. Zawory te powinny być rozmieszczone zgodnie z opisem w .1 lub .2, tak aby aktywacja systemu bezpieczeństwa wymaganego w 15.2.2 powodowała automatyczne zamknięcie połączonych szeregowo zaworów odcinających i automatyczne otwarcie zaworu upustowego oraz:

- .1 oba zawory odcinające powinny być umieszczone szeregowo na rurociągu paliwa gazowego prowadzącym do urządzenia będącego odbiornikiem gazu. Zawór upustowy powinien być na rurociągu, który odpowietrza do bezpiecznego miejsca na wolnym powietrzu ten odcinek rurociągu zasilającego paliwem gazowego, który znajduje się między dwoma zaworami połączonymi szeregowo; lub
- .2 działanie jednego z zaworów odcinających umieszczonych szeregowo i zaworu upustowego może być zintegrowane w jednym korpusie w taki sposób, aby dopływ do odbiornika gazu był blokowany, a upust otwierany. (Kodeks IGF, 9.4.4)

Niezależnie od 9.4.4 (Kodeksu IGF), jeżeli system zasilania paliwem dostarcza LPG w stanie ciekłym, to odpowiednie przewody upustowe powinny być doprowadzone do zbiornika magazynowania paliwa lub separatora gaz-ciecz lub podobnego urządzenia, aby zapobiec uwolnieniu ciekłego LPG do atmosfery. (MSC.1/Circ.1666, 9.3.2)

**9.4.5** Obydwa ww. zawory powinny być typu „zamknięty w razie awarii”, a zawór upustowy „otwarty w razie awarii”. (Kodeks IGF, 9.4.5)

**9.4.6** Zawory podwójnej blokady i upustu powinny być również wykorzystywane do normalnego zatrzymywania silnika. (Kodeks IGF, 9.4.6)

**9.4.7** W przypadku, gdy główny zawór paliwa gazowego jest automatycznie zamykany, to cały rurociąg zasilania gazem za zaworem „podwójnej blokady i upustu” powinien być automatycznie odpowietrzany, przy założeniu możliwości przepływu zwrotnego gazu z silnika do rurociągu. (Kodeks IGF, 9.4.7)

**Dodatkowo, do 9.4.7 (Kodeksu IGF), jeżeli systemy zasilania paliwem dostarczają LPG w stanie ciekłym, to przewody odpowietrzające powinny być doprowadzone do zbiornika paliwa lub separatora gaz-ciecz lub podobnego urządzenia. (MSC.1/Circ.1666, 9.3.3)**

**9.4.8** Na rurociągu doprowadzającym gaz do każdego silnika przed zaworem podwójnej blokady i upustu powinien znajdować się jeden obsługiwany ręcznie zawór odcinający, aby zapewnić bezpieczne odcięcie na czas obsługi technicznej silnika. (Kodeks IGF, 9.4.8)

**9.4.9** W przypadku instalacji jednosilnikowych i instalacji wielosilnikowych, w których dla każdego silnika przewidziano oddzielny zawór główny, funkcje głównego zaworu paliwa gazowego oraz zaworu podwójnej blokady i upustu można połączyć. (Kodeks IGF, 9.4.9)

**9.4.10** Na każdym głównym rurociągu gazowym wchodzącym do przedziału maszynowego chronionego systemem ESD oraz na każdym rurociągu gazowym instalacji wysokiego ciśnienia należy zastosować środki umożliwiające szybkie wykrycie pęknięcia rurociągu gazowego w maszynowni. W przypadku wykrycia pęknięcia, zawór powinien zostać automatycznie zamknięty\*. Zawór ten powinien być umieszczony na rurociągu doprowadzającym gaz przed jego wejściem do maszynowni lub jak najbliżej punktu wejścia wewnątrz maszynowni. Może on być oddzielnym zaworem lub łączącym inne funkcje, np. jako zawór główny. (Kodeks IGF, 9.4.10)

**Postanowienia 9.4.10 (Kodeksu IGF) nie mają zastosowania do statków wykorzystujących LPG jako paliwo (MSC.1/Circ.1666, 9.3.4)**

\* Zamknięcie powinno być opóźnione w czasie, aby zapobiec zamknięciu z powodu przejściowych zmian obciążenia.

## **9.5 Dystrybucja paliwa poza przedziałem maszynowym (Kodeks IGF, 9.5)**

**9.5.1** Rurociągi paliwowe przechodzące przez przestrzeń zamkniętą statku powinny być chronione dodatkową osłoną. Ta osłona może być wentylowanym kanałem lub systemem rurowym o podwójnych ścianach. Kanał lub system rurowy o podwójnych ściankach powinien być wentylowany mechanicznie, podciśnieniowo, z wydajnością 30 wymian powietrza na godzinę i wyposażony w wykrywanie gazu, zgodnie z wymaganiami podanymi w 15.8. Administracja może również zaakceptować inne rozwiązania zapewniające równoważny poziom bezpieczeństwa. (Kodeks IGF, 9.5.1)

**9.5.2** Wymaganie podane w 9.5.1 nie musi być stosowane do całkowicie spawanych rurociągów odpowietrzających paliwa gazowego, przechodzących przez pomieszczenia wentylowane mechanicznie. (Kodeks IGF, 9.5.2)

**9.5.3** Wymagania zawarte w 9.5.4 do 9.5.6 należy stosować do statków zbudowanych w dniu 1 stycznia 2024 lub po tej dacie zamiast wymagań 9.5.1 oraz 9.5.2 (Kodeks IGF, 9.5.3)

**9.5.4** Rurociągi paliwa gazowego przechodzące przez przestrzeń zamkniętą statku powinny być chronione dodatkową osłoną. Tą osłoną może być wentylowany kanał lub system rurowy o podwójnych ścianach. Kanał lub system rurowy o podwójnych ściankach powinien być wentylowany mechanicznie, podciśnieniowo, z wydajnością 30 wymian powietrza na godzinę i wyposażony w wykrywanie gazu, zgodnie z wymaganiami podanymi w 15.8. Administracja może również zaakceptować inne rozwiązania zapewniające równoważny poziom bezpieczeństwa. (Kodeks IGF, 9.5.4)

**9.5.5** Wymaganie podane w 9.5.4 nie musi być stosowane do całkowicie spawanych rurociągów odpowietrzających paliwa gazowego, przechodzących przez pomieszczenia wentylowane mechanicznie. (Kodeks IGF, 9.5.5)

**9.5.6** Rurociągi paliwa skroplonego powinny być chronione dodatkową osłoną zdolną do powstrzymania wycieków. Jeżeli system rurociągów znajduje się w pomieszczeniu przygotowania paliwa lub przestrzeni przyłączeniowej zbiornika, Administracja może odstąpić od tego wymogu. Jeżeli wykrywanie gazu wymagane w punkcie 15.8.1.2 nie jest odpowiednie do tego celu, dodatkowe osłony wokół rurociągów skroplonego paliwa powinny być wyposażone w wykrywanie wycieków za pomocą systemów monitorowania ciśnienia lub temperatury lub dowolnej ich kombinacji. Dodatkowa osłona musi być w stanie wytrzymać maksymalne ciśnienie, jakie może powstać wewnątrz osłony w przypadku wycieku z przewodów paliwa. W tym celu dodatkowa osłona może wymagać wyposażenia w system rozładowania ciśnienia, który zapobiegnie narażeniu obudowy na ciśnienie przekraczające ciśnienie projektowe. (Kodeks IGF, 9.5.6)

**9.6 Zasilanie paliwem odbiorników w przedziałach maszynowych gazobezpiecznych** (Kodeks IGF, 9.6)

**9.6.1** Rurociągi paliwowe w przedziałach maszynowych gazobezpiecznych powinny być całkowicie osłonięte dodatkową rurą lub kanałem, spełniając jeden z następujących warunków:

- .1 rurociąg gazu powinien być rurociągiem o podwójnych ścianach z paliwem gazowym znajdującym się w rurociągu wewnętrznym. Przestrzeń między koncentrycznymi rurami powinna być wypełniona gazem obojętnym o ciśnieniu większym niż ciśnienie paliwa gazowego. Należy zapewnić odpowiednie alarmy sygnalizujące utratę ciśnienia gazu obojętnego między rurami. Jeżeli rura wewnętrzna zawiera gaz pod wysokim ciśnieniem, instalacja powinna być tak zaprojektowana, aby rurociąg pomiędzy głównym zaworem gazu a silnikiem był automatycznie przedmuchiwany gazem obojętnym, gdy główny zawór gazu zostanie zamknięty; lub
- .2 rurociąg paliwa gazowego powinien być zainstalowany w wentylowanej rurze lub kanale. Przestrzeń powietrzna między rurociągiem paliwa gazowego a ścianą rury zewnętrznej lub kanału powinna być wyposażona w podciśnieniową wentylację mechaniczną o wydajności co najmniej 30 wymian powietrza na godzinę. Ta wydajność wentylacji może zostać zmniejszona do 10 wymian powietrza na godzinę, pod warunkiem zapewnienia automatycznego napełniania kanału azotem po wykryciu gazu. Silniki wentylatorów powinny spełniać wymagania ochrony przeciwwybuchowej w miejscu ich zainstalowania. Wylot wentylacji powinien być osłonięty ekranem ochronnym i umieszczony w miejscu, w którym nie może dojść do zapłonu łatwopalnej mieszaniny gazowo-powietrznej; lub
- .3 Administracja może również zaakceptować inne rozwiązania zapewniające równoważny poziom bezpieczeństwa. (Kodeks IGF, 9.6.1)

**Uwaga:**

Patrz także interpretacje w 9.2.2.

**9.6.2** Podłączenia rurociągów gazowych i przewodów do zaworów wtryskowych gazu powinno być całkowicie osłonięte kanałem. Rozwiązanie to powinno umożliwiać wymianę i/lub przegląd zaworów wtryskowych i pokryw cylindrów. Przewody podwójne są również wymagane dla wszystkich rurociągów gazowych w samym silniku, aż do wtrysku gazu do komory\*. (Kodeks IGF, 9.6.1)

\* Jeżeli gaz jest dostarczany do wlotu powietrza bezpośrednio na każdym cylindrze podczas dolotu powietrza do cylindra w silniku niskociśnieniowym, w taki sposób, że pojedyncza awaria nie doprowadzi do wycieku gazu do przedziału maszynowego, to wówczas na rurze wlotowej powietrza można pominąć przewody podwójne.

## 9.7 Zasilanie paliwem gazowym odbiorników w przedziałach maszynowych chronionych systemem ESD (Kodeks IGF, 9.7)

### Uwaga:

Postanowienia 9.7 (Kodeksu IGF) nie mają zastosowania do statków wykorzystujących gaz LPG jako paliwo. (MSC.1/Circ.1666, 9.3.5)

**9.7.1** Ciśnienie w instalacji zasilającej paliwa gazowego nie powinno przekraczać 1,0 MPa. (Kodeks IGF, 9.7.1)

**9.7.2** Przewody zasilające paliwa gazowego powinny być projektowane na ciśnienie nie mniejsze niż 1,0 MPa. (Kodeks IGF, 9.7.2)

## 9.8 Projektowanie kanału wentylowanego, rury zewnętrznej chroniącej przed wyciekami gazu z przewodu wewnętrznego (Kodeks IGF, 9.8)

**9.8.1** Ciśnienie projektowe rury zewnętrznej lub kanału instalacji paliwowej nie powinno być mniejsze niż maksymalne ciśnienie robocze rurociągu wewnętrznego. Alternatywnie, w przypadku systemów rurociągów paliwowych o ciśnieniu roboczym większym niż 1,0 MPa, ciśnienie projektowe zewnętrznej rury lub kanału nie powinno być mniejsze niż maksymalne narastające ciśnienie powstające w przestrzeni zamkniętej rurą lub kanałem, biorąc pod uwagę miejscowe chwilowe ciśnienie szczytowe w miejscu jakiegokolwiek pęknięcia i układ wentylacji. (Kodeks IGF, 9.8.1)

**9.8.2** W przypadku wysokociśnieniowych rurociągów paliwowych, ciśnienie projektowe kanału lub rury osłaniającej należy przyjmować jako wyższą z następujących wartości:

1. maksymalne ciśnienie narastające: ciśnienie statyczne w miejscu pęknięcia wynikające z wypływu gazu do przestrzeni między rurami;
2. lokalne chwilowe ciśnienie szczytowe w miejscu pęknięcia: ciśnienie to należy przyjmować jako ciśnienie krytyczne wyrażone za pomocą następującego wzoru:

$$p = p_0 \left( \frac{2}{k+1} \right)^{\frac{k}{k-1}}$$

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  $\text{CH}_4$ .

Styczne naprężenie membranowe rury prostej poddanej powyższym ciśnieniom nie powinno przekraczać wytrzymałości na rozciąganie, podzielonej przez 1,5 ( $R_m/1,5$ ). Wartości ciśnień wszystkich innych elementów rurociągów powinny odzwierciedlać ten sam poziom wytrzymałości, co rury proste.

Jako alternatywę dla stosowania ciśnienia szczytowego z powyższego wzoru można zastosować ciśnienie szczytowe uzyskane w badaniach reprezentatywnych. W takiej sytuacji należy przedstawić sprawozdania z badań.

W przypadku LPG, należy wybrać najbardziej ostrożną wartość współczynnika  $k$ , biorąc pod uwagę przewidywaną kompozycję składników paliwa (propan: 1,13, butan: 1,096). (MSC.1/Circ.1666, 9.3.6)

**9.8.3** Weryfikacja wytrzymałości powinna być oparta na obliczeniach wykazujących integralność kanału lub rury. Alternatywnie do obliczeń, wytrzymałość można zweryfikować za pomocą badań reprezentatywnych. (Kodeks IGF, 9.8.3)

**9.8.4** W przypadku niskociśnieniowych rurociągów paliwowych, kanał lub rura osłaniająca powinny być liczone na ciśnienie projektowe nie mniejsze niż maksymalne ciśnienie robocze przewodów paliwowych. Kanał lub rurę osłaniającą należy poddać próbie ciśnieniowej, aby wykazać, że może wytrzymać przewidywane maksymalne ciśnienie powstające w przypadku pęknięcia przewodu paliwowego. (Kodeks IGF, 9.8.4)

## **9.9 Sprężarki i pompy (Kodeks IGF, 9.9)**

**9.9.1** Jeżeli sprężarki lub pompy są napędzane wałem przechodzącym przez gródź lub pokład, to przejście grodziowe powinno być typu gazoszczelnego. (Kodeks IGF, 9.9.1)

**9.9.2** Sprężarki i pompy powinny być odpowiednie do ich przeznaczenia. Całe wyposażenie i urządzenia powinny być odpowiednio przebadane w celu zapewnienia ich przydatności do użytku w środowisku morskim. Czynniki, które należy wziąć pod uwagę obejmują między innymi:

- .1 aspekty środowiskowe;
- .2 drgania i przyspieszenia występujące na statku;
- .3 skutki kołysania wzdłużnego, nurzania, kołysania bocznego itp.; oraz
- .4 skład gazu. (Kodeks IGF, 9.9.2)

**9.9.3** Należy zastosować rozwiązania w celu zapewnienia, że w żadnym przypadku skroplony gaz nie będzie mógł być wprowadzany do sekcji sterowania gazem lub do urządzeń zasilanych gazem, chyba że urządzenia zostały zaprojektowane do pracy z gazem w stanie ciekłym. (Kodeks IGF, 9.9.3)

**9.9.4** Sprężarki i pompy powinny być wyposażone w akcesoria i oprzyrządowanie niezbędne do ich skutecznego i niezawodnego działania. (Kodeks IGF, 9.9.4)

## 10 WYTWARZANIE ENERGII, W TYM PRZEZ URZĄDZENIA NAPĘDOWE STATKU I INNE ODBIORNIKI GAZU (Kodeks IGF, 10)

### Uwaga:

O ile wyraźnie nie postanowiono inaczej, wymagania (Części A-1 Kodeksu IGF) Rozdziału 10 mają zastosowanie również do statków wykorzystujących LPG jako paliwo. (MSC.1/Circ.1666, 10.3.1)

### 10.1 Cel

Celem niniejszego rozdziału jest zapewnienie bezpiecznego i niezawodnego dostarczania energii mechanicznej, elektrycznej lub ciepłej. (Kodeks IGF, 10.1)

### 10.2 Wymagania funkcjonalne

Rozdział niniejszy dotyczy wymagań funkcjonalnych podanych w 3.2.1, 3.2.11, 3.2.13, 3.2.16 i 3.2.17. W szczególności obowiązują następujące wymagania:

- .1 układy wydechowe powinny być tak ukształtowane, aby zapobiec gromadzeniu się niespalonego paliwa gazowego;
- .2 jeśli nie są zaprojektowane tak, aby wytrzymać najgorszy przypadek nadciśnienia spowodowanego wyciekami gazu, części lub układy silnika zawierające lub mogące zawierać zapalną mieszkankę gazu i powietrza powinny być wyposażone w odpowiednie systemy rozładowania ciśnienia. W zależności od konkretnej konstrukcji silnika może to obejmować kolektory dolotowe powietrza i przestrzenie przedmuchowe;
- .3 odprowadzenie ciśnienia wybuchu powinno być wyprowadzone z dala od miejsc, w których normalnie może przebywać personel; oraz
- .4 wszystkie odbiorniki gazu powinny mieć oddzielne układy wydechowe. (Kodeks IGF, 10.2)

W przypadku LPG, dodatkowo obowiązuje następujące wymaganie:

- .5 odbiorniki paliwa powinny być odpowiednio zaprojektowane do pracy z możliwym składem paliwa LPG. (MSC.1/Circ.1666, 10.2)

### 10.3 Tłokowe silniki spalinowe (Kodeks IGF, 10.3)

#### 10.3.1 Postanowienia ogólne (Kodeks IGF, 10.3.1)

**10.3.1.1** Układ wydechowy powinien być wyposażony w odprowadzenie ciśnienia wybuchu o wystarczającej przepustowości, aby zapobiec nadmiernemu ciśnieniu wybuchu w przypadku braku zapłonu w jednym cylindrze, w następstwie którego powstaje zapłon niespalonego gazu, w układzie wydechowym. (Kodeks IGF, 10.3.1.1)

**10.3.1.1.1** W przypadku statków zbudowanych w dniu 1 stycznia 2024 r. lub po tej dacie, układ wydechowy silnika powinien być wyposażony w system rozładowania ciśnienia wybuchu, chyba że został zaprojektowany tak, aby wytrzymać najgorsze możliwe nadciśnienie spowodowane zapłonem wycieków gazu lub że jest to uzasadnione koncepcją bezpieczeństwa silnika. Należy wykonać szczegółową ocenę potencjału niespalonego gazu w układzie wydechowym obejmującym cały układ od cylindrów do otwartego końca wydechu. Taka szczegółowa ocena powinna być uwzględniona w koncepcji bezpieczeństwa silnika. (Kodeks IGF, 10.3.1.1.1)

**10.3.1.2** W przypadku silników, w których przestrzeń pod tłokiem jest bezpośrednio połączona ze skrzynią korbową należy przeprowadzić szczegółową ocenę dotyczącą potencjału zagrożenia związanego z gromadzeniem się paliwa gazowego w skrzyni korbowej i uwzględnić ją w koncepcji bezpieczeństwa silnika. (Kodeks IGF, 10.3.1.2)



**10.3.1.3** Każdy silnik, inny niż dwusuwowy wodorowy silnik diesla, powinien być wyposażony w instalacje odpowietrzenia skrzyni korbowej i miski olejowej niezależne od innych silników. (Kodeks IGF, 10.3.1.3)

**10.3.1.4** Jeżeli gaz może przedostawać się bezpośrednio do czynnika instalacji obsługi silnika (oleju smarowego, wody chłodzącej), to za wylotem czynnika z silnika należy zainstalować odpowiednie urządzenia do oddzielenia gazu, zapobiegające jego rozpraszaniu. Gaz usunięty z czynników instalacji obsługi powinien być odprowadzany do atmosfery w bezpieczne miejsce. (Kodeks IGF, 10.3.1.4)

**10.3.1.5** W przypadku silników wyposażonych w układy zapłonowe, przed wpuszczeniem paliwa gazowego należy sprawdzić poprawność działania układu zapłonowego na każdym układzie. (Kodeks IGF, 10.3.1.5)

**10.3.1.6** Należy zapewnić środki do monitorowania i wykrywania złego spalania lub braku zapłonu. W przypadku ich wykrycia praca na gazie może być dopuszczona, pod warunkiem że dopływ gazu do danego cylindra zostanie odcięty i pod warunkiem, że działanie silnika przy odcięciu jednego cylindra jest dopuszczalne pod względem drgań skrętnych. (Kodeks IGF, 10.3.1.6)

**10.3.1.7** W przypadku silników uruchamianych na paliwach objętych niniejszą *Publikacją* (Kodeksem), jeżeli spalanie nie zostanie wykryte przez system monitorowania silnika w określonym czasie po otwarciu zaworu dopływu paliwa, zawór dopływu paliwa powinien zostać automatycznie zamknięty. Należy przewidzieć środki zapewniające **wydmuchanie** niespalonej mieszanki paliwowej z układu wydechowego. (Kodeks IGF, 10.3.1.7)

**10.3.1.8** **Niezależnie od postanowień 10.3.1.7**, w przypadku statków wykorzystujących LPG jako paliwo i posiadających silniki uruchamiane na paliwach innych niż te objęte niniejszą *Publikacją*, **jeżeli spalanie nie zostanie wykryte przez system monitorowania silnika w określonym czasie po otwarciu zaworu dopływu paliwa, to zawór dopływu paliwa powinien zostać automatycznie zamknięty. Należy przewidzieć środki zapewniające wydmuchanie niespalonej mieszanki paliwowej z układu wydechowego.** (MSC.1/Circ.1666, 10.3.4)

**10.3.2 Silniki dwupaliwowe** (Kodeks IGF, 10.3.2)

**10.3.2.1** W przypadku odcięcia dopływu paliwa gazowego silniki powinny być zdolne do pracy ciągłej wyłącznie na paliwie olejowym, bez przerw. (Kodeks IGF, 10.3.2.1)

**10.3.2.2** Należy zainstalować automatyczny system przełączania z pracy na paliwie gazowym na pracę na paliwie olejowym i odwrotnie, przy minimalnym wahaniu mocy silnika. Akceptowalną niezawodność należy wykazać poprzez próby. W przypadku niestabilnej pracy silników podczas zasilania gazem, silnik powinien automatycznie przełączyć się na tryb zasilania paliwem olejowym. Zawsze powinno być możliwe ręczne odcięcie zasilania silnika gazem. (Kodeks IGF, 10.3.2.2)

**10.3.2.3** W przypadku normalnego zatrzymania lub awaryjnego wyłączenia silnika dopływ paliwa gazowego powinien zostać odcięty nie później niż źródło zapłonu. Nie powinno być możliwe odcięcie źródła zapłonu bez uprzedniego lub jednoczesnego zamknięcia dopływu gazu do każdego cylindra lub do całego silnika. (Kodeks IGF, 10.3.2.3)

**10.3.3 Silniki zasilane wyłącznie gazem**

W przypadku normalnego zatrzymania lub awaryjnego wyłączenia, dopływ paliwa gazowego powinien zostać odcięty nie później niż źródło zapłonu. Nie powinno być możliwe odcięcie źródła zapłonu bez uprzedniego lub jednoczesnego zamknięcia dopływu gazu do każdego cylindra lub do całego silnika. (Kodeks IGF, 10.3.3)

### 10.3.4 Silniki wielopaliwowe (Kodeks IGF, 10.3.4)

**10.3.4.1** W przypadku odcięcia dopływu jednego paliwa silniki powinny być zdolne do pracy ciągłej na paliwie alternatywnym przy minimalnym wahaniu mocy silnika. (Kodeks IGF, 10.3.4.1)

**10.3.4.2** Należy zainstalować automatyczny system przełączania z pracy na jednym paliwie na pracę na paliwie alternatywnym przy minimalnym wahaniu mocy silnika. Akceptowalną niezawodność należy wykazać poprzez próby. W przypadku niestabilnej pracy silnika na określonym paliwie silnik powinien automatycznie przełączyć się na tryb zasilania paliwem alternatywnym. Zawsze powinna być możliwa ręczna aktywacja. (Kodeks IGF, 10.3.4.2)

	ZASILANY WYŁĄCZNIE GAZOWEM		DWUPALIWOWY	WIELOPALIWOWY
MEDIUM ZAPŁONU	Iskra	Paliwo pilotowe	Paliwo pilotowe	N/A
PALIWO GŁÓWNE	Gaz	Gaz	Gaz oraz/lub paliwo olejowe	Gaz oraz/lub ciecz

### 10.4 Kotły główne i pomocnicze (Kodeks IGF, 10.4)

**10.4.1** Każdy kocioł powinien być wyposażony w dedykowany system wymuszonego ciągu. Można wykonać połączenia pomiędzy systemami wymuszonego ciągu kotłów do użytku w sytuacjach awaryjnych, pod warunkiem zachowania wszystkich odpowiednich funkcji bezpieczeństwa. (Kodeks IGF, 10.4.1)

**10.4.2** Komory spalania i odprowadzenia spalin z kotłów powinny być tak zaprojektowane, aby zapobiec gromadzeniu się paliwa gazowego. (Kodeks IGF, 10.4.2)

**10.4.3** Palniki powinny być tak zaprojektowane, aby utrzymywać stabilne spalanie we wszystkich warunkach opalania kotła. (Kodeks IGF, 10.4.3)

**10.4.4** Kotły główne/ napędu statku powinny być wyposażone w automatyczny system przełączania z pracy na paliwie gazowym, na pracę na paliwie olejowym, bez przerywania opalania kotła. (Kodeks IGF, 10.4.4)

**10.4.5** Dysze gazu i układ sterowania palnikiem powinny być tak skonfigurowane, aby paliwo gazowe mogło zostać zapalone tylko przez ustalony płomień paliwa olejowego, chyba że kocioł i urządzenia spalające są zaprojektowane i zatwierdzone przez Administrację do rozpalamia na paliwie gazowym. (Kodeks IGF, 10.4.5)

**10.4.6** Należy zastosować rozwiązania zapewniające automatyczne odcięcie dopływu paliwa gazowego do palnika, o ile nie zostanie osiągnięty i utrzymany zadowalający zapłon. (Kodeks IGF, 10.4.6)

**10.4.7** Na rurociągu paliwowym każdego palnika gazowego należy zainstalować ręczny zawór odcinający. (Kodeks IGF, 10.4.7)

**10.4.8** Należy przewidzieć automatyczne przedmuchiwanie gazem obojętnym rurociągów doprowadzających gaz do palników po wygaszeniu palników. (Kodeks IGF, 10.4.8)

**10.4.9** System automatycznego przełączania paliwa wymagany w 10.4.4 powinien być monitorowany z użyciem alarmów, aby zapewnić ciągłą dostępność paliwa. (Kodeks IGF, 10.4.9)

**10.4.10** Należy zastosować rozwiązania, aby w przypadku zaniku płomienia wszystkich pracujących palników, komory spalania kotłów były automatycznie przedmuchiwane przed ponownym rozpaleniem. (Kodeks IGF, 10.4.10)

**10.4.11** Należy zapewnić możliwość ręcznego uruchomienia sekwencji przedmuchu kotłów. (Kodeks IGF, 10.4.11)

## **10.5 Turbiny gazowe** (Kodeks IGF, 10.5)

**10.5.1** Systemy rozładowania ciśnienia powinny być odpowiednio zaprojektowane i zamontowane w układzie wydechowym turbin gazowych, mając na uwadze wybuchy spowodowane wyciekami gazu, chyba że układy wydechowe są zaprojektowane tak, aby wytrzymać najgorszy przypadek nadciśnienia spowodowanego zapłonem wycieku gazu. Wyloty systemów rozładowania ciśnienia w układach wydechowych powinny być wyprowadzone w bezpieczne miejsce, z dala od możliwego przebywania personelu statku. (Kodeks IGF, 10.5.1)

**10.5.2** Turbina gazowa może być zainstalowana w gazoszczelnej obudowie, wykonanej zgodnie z zasadą wyłączenia awaryjnego (ESD), o której mowa w 5.6 i 9.7, jednak w obrębie tej obudowy w rurociągu doprowadzającym gaz może zostać zaakceptowane ciśnienie powyżej 1,0 MPa. (Kodeks IGF, 10.5.2)

Niezależnie od postanowień 10.5.2 niniejszej *Publikacji* (Kodeksu IGF), w przypadku statków wykorzystujących LPG jako paliwo, turbina gazowa powinna być zamontowana w gazoszczelnej obudowie zaprojektowanej zgodnie z punktem 10.5.3. Wyciek gazu w gazoszczelnej obudowie i jego skutki powinny być ocenione na podstawie oceny ryzyka zgodnie z 4.2 i zgodnie z wymaganiami *Administracji*. (MSC.1/Circ.1666, 10.3.2)

**10.5.3** Systemy wykrywania gazu i funkcje wyłączania powinny być takie, jak określono dla przedziałów maszynowych chronionych systemem ESD. (Kodeks IGF, 10.5.3)

**10.5.4** Wentylacja obudowy powinna być taka, jak określono w rozdziale 13 dla przedziałów maszynowych chronionych systemem ESD, ale dodatkowo powinna być zapewniona pełna redundancja (2 wentylatory po 100% wydajności każdy zasilane z różnych obwodów elektrycznych). (Kodeks IGF, 10.5.4)

**10.5.5** W przypadku turbin gazowych innych niż jednopaliwowe należy zainstalować automatyczny system umożliwiający łatwe i szybkie przełączanie z zasilania gazem na paliwo olejowe i odwrotnie, przy minimalnych wahaniach mocy turbiny. (Kodeks IGF, 10.5.5)

**10.5.6** Należy zapewnić środki do monitorowania i wykrywania słabego spalania, które może prowadzić do obecności niespalonego paliwa gazowego w układzie wydechowym podczas pracy. W przypadku jego wykrycia, dopływ paliwa gazowego powinien zostać odcięty. (Kodeks IGF, 10.5.6)

**10.5.7** Każda turbina powinna być wyposażona w automatyczne urządzenie wyłączające w przypadku wysokich temperatur spalin. (Kodeks IGF, 10.5.7)

## 11 BEZPIECZEŃSTWO POŻAROWE (Kodeks IGF, 1.1)

### Uwaga:

O ile wyraźnie nie postanowiono inaczej, wymagania (Części A-1 Kodeksu IGF) Rozdziału 11 mają zastosowanie również do statków wykorzystujących LPG jako paliwo. (MSC.1/Circ.1666, 11.3.1)

### 11.1 Cel

Celem niniejszego rozdziału jest zapewnienie ochrony przeciwpożarowej, wykrywania i zwalczania pożarów z uwzględnieniem wszystkich elementów systemów związanych z przechowywaniem, kondycjonowaniem, przesyłaniem i wykorzystywaniem gazu ziemnego jako paliwa na statku. (Kodeks IGF, 11.1)

### 11.2 Wymagania funkcjonalne

Rozdział niniejszy powiązany jest z wymaganiami funkcjonalnymi podanymi w 3.2.2, 3.2.4, 3.2.5, 3.2.7, 3.2.12, 3.2.14, 3.2.15 i 2.3.17. (Kodeks IGF, 11.2)

### 11.3 Ochrona przeciwpożarowa (Kodeks IGF, 11.3)

**11.3.1** Każde pomieszczenie, w którym znajdują się urządzenia do przygotowania paliwa, takie jak pompy, sprężarki, wymienniki ciepła, parowniki i zbiorniki ciśnieniowe, do celów ochrony przeciwpożarowej, powinno być traktowane jak przedział maszynowy kategorii A.

#### Interpretacja IACS:

1. Ochrona przeciwpożarowa w 11.3.1 oznacza konstrukcyjną ochronę przeciwpożarową, z wyłączeniem dróg ewakuacji.
2. Niezależnie od Interpretacji 1, każde zamknięte pomieszczenia, w których znajdują się urządzenia do przygotowania paliwa, takie jak pompy, sprężarki lub inne potencjalne źródła zapłonu, powinny spełniać wymagania prawidła 11.8 Kodeksu IGF zmienionego rezolucją MSC.475(102). (IACS UI GF13)

Dodatkowo, w przypadku LPG, pomieszczenie przygotowania paliwa powinno być oddzielone od przedziału maszynowego kategorii A oraz pomieszczeń o dużym zagrożeniu pożarowym. Oddzielenie powinno być wykonane za pomocą koferdamu o szerokości co najmniej 900 mm z izolacją klasy „A-60”. (MSC.1/Circ.1666, 11.3.2)

**11.3.2** Wszelkie ściany graniczne pomieszczeń mieszkalnych, służbowych, posterunków dowodzenia, dróg ewakuacji i przedziałów maszynowych, zwrócone w stronę zbiorników paliwowych na pokładzie otwartym, powinny być osłonięte przegrodami klasy „A-60”. Przegrody klasy „A-60” powinny rozciągać się do spodniej strony pokładu mostka nawigacyjnego. Ponadto, zbiorniki paliwowe powinny być oddzielone od przewożonego ładunku zgodnie z wymogami Międzynarodowego morskiego kodeksu towarów niebezpiecznych (Kodeks IMDG), w którym zbiorniki paliwa gazowego są traktowane jako opakowania z towarem masowym. Odnośnie wymagań dotyczących rozmieszczenia i segregacji towarów niebezpiecznych zawartych w Kodeksie IMDG, zbiornik paliwa gazowego na pokładzie otwartym powinien być traktowany jako opakowanie klasy 2.1. (Kodeks IGF, 11.3.2)

**11.3.3** Przestrzeń, w której znajduje się system magazynowania paliwa powinna być oddzielona od przedziałów maszynowych kategorii A lub innych pomieszczeń o wysokim zagrożeniu pożarowym\*. Oddzielenie powinno być wykonane za pomocą koferdamu o szerokości co najmniej 900 mm, z izolacją klasy „A-60”. Przy ustalaniu klasy przegród oddzielających przestrzeń, w której znajduje się system magazynowania paliwa od innych pomieszczeń o niższym zagrożeniu pożarowym, system magazynowania paliwa powinien być traktowany jako przedział maszynowy kategorii A, zgodnie z Konwencją SOLAS, prawidło II-2/9. W przypadku zastosowania zbiorników typu C, przestrzeń magazynowa paliwa może być traktowana jako koferdam. (Kodeks IGF, 11.3.3)

**\* Interpretacja IACS oraz IMO:**

*Należy wziąć pod uwagę co najmniej następujące „inne pomieszczenia o wysokim zagrożeniu pożarowym”:*

1. pomieszczenia ładunkowe z wyjątkiem zbiorników ładunkowych na ciecz o temperaturze zapłonu powyżej 60°C i z wyjątkiem pomieszczeń ładunkowych wyłączonych zgodnie z prawidłem II-2/10.7.1.2 lub II-2/10.7.1.4 konwencji SOLAS;
2. pomieszczenia samochodowe, pomieszczenia ro-ro i pomieszczenia kategorii specjalnej;
3. pomieszczenia służbowe (wysokiego ryzyka): kuchnie, pentry z urządzeniami do gotowania, sauny, magazyny farb i magazyny o powierzchni 4 m<sup>2</sup> lub większej, pomieszczenia do przechowywania cieczy łatwopalnych i warsztaty inne niż te stanowiące część przedziału maszynowego, zgodnie z prawidłem II-2/9.2.2.4, II-2/9.2.3.3 oraz II-2/9.2.4 konwencji SOLAS; oraz
4. pomieszczenia mieszkalne o wysokim zagrożeniu pożarowym: sauny, sklepy, salony fryzjerskie i gabinety kosmetyczne oraz pomieszczenia ogólnego użytku zawierające meble i wyposażenie inne niż o ograniczonym zagrożeniu pożarowym i mające powierzchnię pokładu 50 m<sup>2</sup> lub więcej, zgodnie z prawidłem II-2/9.2.2.3 Konwencji SOLAS. (IACS UI GF17, MSC.1/Circ.1591)

**11.3.3.1** Niezależnie od ostatniego zdania w 11.3.3, w przypadku statków zbudowanych w dniu 1 stycznia 2024 i po tej dacie, przestrzeń magazynowa paliwa może być traktowana jako koferdam, pod warunkiem że:

- .1 zbiornik typu C nie jest ulokowany bezpośrednio nad przedziałami maszynowymi kategorii A lub innymi pomieszczeniami o dużym zagrożeniu pożarowym; oraz
- .2 minimalna odległość do przegrody granicznej „A-60” od zewnętrznego poszycia zbiornika typu C lub granicy przestrzeni przyłączeniowej zbiornika, jeżeli występuje, wynosi nie mniej niż 900 mm. (Kodeks IGF, 11.3.3.1)

**11.3.4** Przestrzeń magazynowa paliwa nie może być używana do umieszczania w niej urządzeń lub wyposażenia, które mogą stanowić zagrożenie pożarowe. (Kodeks IGF, 11.3.4)

**11.3.5** Ochrona przeciwpożarowa rurociągów paliwa prowadzonych przez pomieszczenia ro-ro podlega specjalnemu rozpatrzeniu przez Administrację, w zależności od zastosowania i przewidywanego ciśnienia w rurociągach. (Kodeks IGF, 11.3.5)

**11.3.6** Stacja bunkrowania powinna być oddzielona przegrodami klasy „A-60” od przedziałów maszynowych kategorii A, pomieszczeń mieszkalnych, posterunków dowodzenia i pomieszczeń o wysokim zagrożeniu pożarowym, z wyjątkiem pomieszczeń, takich jak zbiorniki, przedziały puste, przedziały maszynowni pomocniczych o małym lub zerowym zagrożeniu pożarowym, pomieszczenia sanitarne i podobne pomieszczenia, dla których odporność ogniowa może być zredukowana do klasy „A-0”. (Kodeks IGF, 11.3.6)

**11.3.7** W przypadku, gdy przedział maszynowy chroniony systemem ESD jest oddzielony od sąsiadujących pomieszczeń pojedynczą przegrodą, to przegroda ta powinna być klasy „A-60”. (Kodeks IGF, 11.3.7)

**11.4 Instalacja wodno-hydrantowa** (Kodeks IGF, 11.4)

**11.4.1** Instalacja zraszająca wodna wymagana poniżej, może stanowić część instalacji wodno-hydrantowej, pod warunkiem że wymagana wydajność pompy pożarowej i ciśnienie robocze są wystarczające do jednoczesnego działania zarówno wymaganej liczby hydrantów i węży pożarniczych, jak i instalacji zraszającej wodnej. (Kodeks IGF, 11.4.1)

**11.4.2** W przypadku, gdy zbiornik(-i) magazynowania paliwa gazowego jest umieszczony na pokładzie otwartym, to w instalacji wodno-hydrantowej powinny być zamontowane zawory odcinające, w celu oddzielenia uszkodzonych odcinków instalacji. Oddzielenie odcinka instalacji

wodno-hydrantowej nie może pozbawiać zasilania wodą instalacji znajdującej się przed oddzielnym odcinkiem. (Kodeks IGF, 11.4.2)

## **11.5 Instalacja zraszająca wodna (Kodeks IGF, 11.5)**

**11.5.1** W celu chłodzenia i ochrony przeciwpożarowej powinna być zamontowana instalacja zraszająca wodna umożliwiająca pokrycie wodą odsłoniętych części zbiorników magazynowych paliwa umieszczonych na pokładzie otwartym. (Kodeks IGF, 11.5.1)

**11.5.2** Instalacja zraszająca wodna powinna także zapewniać pokrycie ścian granicznych nadbudówek, pomieszczeń sprężarek, pompowni, pomieszczeń centrali ładunkowej, stacji sterowania bunkrowaniem, stacji bunkrowania i innych normalnie zajmowanych przez załogę pokładówek, które znajdują się naprzeciw zbiornika magazynowego na pokładzie otwartym, chyba że zbiornik znajduje się 10 metrów lub więcej od ścian granicznych tych pomieszczeń. (Kodeks IGF, 11.5.2)

**11.5.3** Instalacja powinna być tak zaprojektowana, aby pokrywała wszystkie obszary określone powyżej, z intensywnością podawania wody wynoszącą co najmniej 10 l/min/m<sup>2</sup> dla największych powierzchni rzutowanych poziomo i co najmniej 4 l/min/m<sup>2</sup> dla powierzchni pionowych. (Kodeks IGF, 11.5.3)

**11.5.4** Na głównej linii(-ach) zasilania wodą instalacji, w celu oddzielenia uszkodzonych odcinków, powinny być zamontowane zawory odcinające, w odstępach nieprzekraczających 40 metrów. Alternatywnie, instalacja może być podzielona na dwie lub więcej sekcji, które mogą być obsługiwane niezależnie, pod warunkiem że niezbędne sterowania znajdują się razem w łatwo dostępnym miejscu, które prawdopodobnie nie zostanie odcięte w przypadku pożaru w obszarach chronionych. (Kodeks IGF, 11.5.4)

**11.5.5** Wydajność pompy instalacji zraszającej powinna być wystarczająca do dostarczenia wymaganej ilości wody do najbardziej wymagającego hydraulicznie obszaru, jak określono powyżej, w obszarach chronionych. (Kodeks IGF, 11.5.5)

**11.5.6** W przypadku, gdy instalacja zraszająca wodna nie jest częścią instalacji wodno-hydrantowej, to należy przewidzieć połączenie z tą instalacją przez zawór odcinający. (Kodeks IGF, 11.5.6)

**11.5.7** Zdalne uruchamianie pomp zasilających instalację zraszającą wodną i zdalne sterowanie wszelkimi normalnie zamkniętymi zaworami instalacji powinno być umieszczone w łatwo dostępnym miejscu, które prawdopodobnie nie zostanie odcięte w przypadku pożaru w obszarach chronionych. (Kodeks IGF, 11.5.7)

**11.5.8** Dysze wodne powinny być uznanego typu, z otworem pełoprzelotowym i powinny być tak rozmieszczone, aby zapewnione było skuteczne rozprowadzenie wody w całej chronionej przestrzeni. (Kodeks IGF, 11.5.8)

## **11.6 Instalacja gaśnicza proszkowa (Kodeks IGF, 11.6)**

**11.6.1** Stała instalacja gaśnicza proszkowa powinna być zainstalowana w rejonie stacji bunkrowania, tak aby zapewniała pokrycie wszystkich możliwych miejsc wycieku. Wydajność podawania proszku powinna wynosić co najmniej 3,5 kg/s przez co najmniej 45 s. Instalacja powinna mieć możliwość łatwego ręcznego uruchomienia z bezpiecznego miejsca znajdującego się poza obszarem chronionym. (Kodeks IGF, 11.6.1)

**11.6.2** Oprócz przenośnych gaśnic, które mogą być wymagane przez inne dokumenty IMO, w pobliżu stacji bunkrowania powinna znajdować się jedna przenośna gaśnica proszkowa o pojemności co najmniej 5 kg. (Kodeks IGF, 11.6.2)

### **11.7 Instalacja wykrywania i sygnalizacji pożaru (Kodeks IGF, 11.7)**

**11.7.1** Stała instalacja wykrywania i sygnalizacji pożaru spełniająca wymagania *Kodeksu Systemów Bezpieczeństwa Pożarowego* powinna być zamontowana w przestrzeniach magazynowych paliwa, w kanale wentylacyjnym systemu magazynowania paliwa znajdującym się pod pokładem, a także we wszystkich innych pomieszczeniach systemu paliwa gazowego, w których nie można wykluczyć pożaru. (Kodeks IGF, 11.7.1)

**11.7.2** Same czujki dymu nie mogą być uważane za wystarczające do szybkiego wykrycia pożaru. (Kodeks IGF, 11.7.2)

### **11.8 Instalacje gaśnicze pomieszczenia przygotowania paliwa**

W przypadku statków zbudowanych w dniu 1 stycznia 2024 lub po tej dacie, pomieszczenie przygotowywania paliwa, w którym znajdują się pompy, sprężarki lub inne potencjalne źródła zapłonu, powinno być wyposażone w stałą instalację gaśniczą, spełniającą wymagania prawidła II-2/10.4.1.1 Konwencji SOLAS, z uwzględnieniem niezbędnego stężenia/dawkowania czynnika gaśniczego, wymaganego do gaszenia pożarów gazów. (Kodeks IGF, 11.8)

W przypadku LPG, pomieszczenie przygotowywania paliwa powinno być wyposażone w stałą instalację gaśniczą spełniającą postanowienia *Kodeksu FSS* z uwzględnieniem niezbędnego stężenia/dawkowania środka gaśniczego, wymaganego do gaszenia pożarów gazu LPG. (MSC.1/Circ.1666, 11.3.3)

## 12 ZAPOBIEGANIE WYBUCHOM (Kodeks IGF, 12)

### Uwaga:

O ile wyraźnie nie postanowiono inaczej, wymagania (Części A-1 Kodeksu IGF) Rozdziału 12 mają zastosowanie do statków wykorzystujących LPG jako paliwo. (MSC.1/Circ.1666, 12.3.1)

### 12.1 Cel

Celem niniejszego rozdziału jest zapewnienie zapobiegania wybuchom oraz ograniczania skutków wybuchu. (Kodeks IGF, 12.1)

### 12.2 Wymagania funkcjonalne

Rozdział niniejszy powiązany jest z wymaganiami funkcjonalnymi podanymi w 3.2.2 do 3.2.5, 3.2.7, 3.2.8, 3.2.12 do 3.2.14 i 2.3.17. W szczególności mają zastosowanie następujące wymagania:

Prawdopodobieństwo wybuchu powinno zostać zredukowane do minimum przez:

- .1 zmniejszenie liczby potencjalnych źródeł zapłonu; oraz
- .2 zmniejszenie prawdopodobieństwa powstawania mieszaniny gazów wybuchowych. (Kodeks IGF, 12.2)

### 12.3 Postanowienia ogólne

**12.3.1** Obszary niebezpieczne na pokładzie otwartym i inne przestrzenie nieuwzględnione w niniejszym rozdziale powinny być określane w oparciu o uznaną normę\*. Wyposażenie elektryczne zamontowane w obszarach niebezpiecznych powinno być zgodne z tą samą normą. (Kodeks IGF, 12.3.1)

\* Patrz norma IEC 60092-502, część 4.4: *Zbiornikowce przewożące łatwopalne gazy skroplone*, jak to ma zastosowanie.

**12.3.2** Urządzenia i przewody elektryczne zasadniczo nie mogą być instalowane w obszarach niebezpiecznych, chyba że są niezbędne do celów eksploatacyjnych, jak określono w oparciu o uznaną normę\*. (Kodeks IGF, 12.3.2)

\* Patrz norma IEC 60092-502: IEC 60092-502: 1999 *Instalacje elektryczne na statkach – Zbiornikowce – Funkcje specjalne* oraz IEC 60079-10-1: 2008 *Atmosfery wybuchowe – Część 10-1: Klasyfikacja stref – Atmosfery wybuchowe gazów, według klasyfikacji strefy*.

**12.3.3** Urządzenia elektryczne instalowane w przedziale maszynowym chronionym systemem ESD powinny spełniać następujące wymagania:

- .1 oprócz czujek pożarowych, detektorów węglowodorów gazowych i urządzeń sygnalizacji alarmów pożarowych i gazowych, także oświetlenie i wentylatory powinny być certyfikowane jako typu bezpiecznego dla strefy 1 obszaru niebezpiecznego; oraz
- .2 wszystkie urządzenia elektryczne w przedziale maszynowym, w którym znajdują się silniki zasilane gazem, a które nie są certyfikowane dla strefy 1, powinny zostać automatycznie odłączone, w przypadku gdy dwa detektory gazu w takim przedziale z odbiornikami gazu wykryją stężenie gazu wyższe niż 40% DGW. (Kodeks IGF, 12.3.3)

### 12.4 Klasyfikacja obszarów

#### Interpretacja IMO:

*Wymagania funkcjonalne stosowane do zaworów wlotu gazu w silnikach dwupaliwowych i silnikach gazowych:*



1. *Ocenę ryzyka, zgodnie z odpowiednimi normami dotyczącymi klasyfikacji obszarów, określonymi w podrozdziale 12.4, należy rozumieć jako procedurę równoważną stosowaną do przykładów stref obszarów niebezpiecznych, jak określono w podrozdziale 12.5 dla kategoryzacji zaworów wlotu gazu w silnikach dwupaliwowych i silnikach gazowych.*
2. *Podrozdział 12.4 należy interpretować jako przewodnią metodologię kategoryzacji zaworów wlotu gazu w silnikach dwupaliwowych i silnikach gazowych. Jeżeli nie są dostępne żadne dodatkowe środki bezpieczeństwa ani odpowiadająca im ocena ryzyka zgodnie z podrozdziałem 12.4, należy zastosować przykłady z podrozdziału 12.5. (MSC.1/Circ.1605)*

**12.4.1** Klasyfikacja obszarów jest metodą analizy i klasyfikowania obszarów, w których może wystąpić wybuchowa atmosfera gazu. Celem klasyfikacji jest umożliwienie doboru aparatury elektrycznej, która będzie zdolna do bezpiecznego działania w tych obszarach. (Kodeks IGF, 12.4.1)

**12.4.2** W celu ułatwienia doboru odpowiedniej aparatury elektrycznej oraz zaprojektowania odpowiednich instalacji elektrycznych obszary niebezpieczne zostały podzielone na strefy 0, 1 i 2\*. Patrz również podrozdział 12.5 poniżej. (Kodeks IGF, 12.4.2)

\* Patrz normy IEC 60079-10-1: 2008 *Atmosfery wybuchowe Część 10-1: Klasyfikacja obszarów – Atmosfery zagrożone wybuchem* oraz wytyczne i przykłady informacyjne podane w IEC 60092-502: 1999, *Instalacje elektryczne na statkach – Zbiornikowce – Funkcje specjalne dla zbiornikowców*.

**12.4.3** Kanały wentylacyjne powinny być tak samo klasyfikowane jak wentylowane pomieszczenie. (Kodeks IGF, 12.4.3)

**12.4.4** W przypadku LPG, **klasyfikacja obszaru niebezpiecznego powinna podlegać szczególnemu rozpatrzeniu, z uwzględnieniem właściwości LPG (np. gęstość, DGW). W celu określenia obszarów niebezpiecznych, w razie potrzeby można odnieść się do normy IEC 60079-10-1. (MSC.1/Circ.1666, 12.3.2)**

## **12.5 Strefy obszarów niebezpiecznych** (Kodeks IGF, 12.5)

### **Interpretacja**

*Patrz punkt 12.4. (MSC.1/Circ.1605)*

### **12.5.1 Strefa 0 obszaru niebezpiecznego**

Strefa ta obejmuje co najmniej wewnątrz zbiorników paliwa, wszelkie rurociągi rozładowania ciśnienia lub inne instalacje odpowietrzania zbiorników paliwa, rurociągów i wyposażenia zawierającego paliwo. (Kodeks IGF, 12.5.1)

### **12.5.2 Strefa 1 obszaru niebezpiecznego\***

\* Oprzyrządowanie i aparatura elektryczna zainstalowana w tych obszarach powinna być typu odpowiedniego dla strefy 1.

Strefa ta obejmuje, co najmniej:

- .1** przestrzenie przyłączeniowe zbiorników, przestrzenie magazynowe paliwa\* i przestrzenie międzybarierowe;

\* Przestrzenie magazynowe paliwa dla zbiorników typu C zwykle nie są uważane za strefę 1\*\*.

#### **\*\* Interpretacja IMO oraz IACS:**

- 1.** *Do celów klasyfikacji obszaru niebezpiecznego przestrzenie magazynowe paliwa zawierające zbiorniki typu C ze wszystkimi potencjalnymi źródłami wycieku w przestrzeni przyłączeniowej zbiorników i niemające dostępu do żadnego obszaru niebezpiecznego należy uznać za bezpieczne.*

- 2. Jeżeli w przestrzeniach magazynowych paliwa znajdują się potencjalne źródła wycieku, np. przyłącza do zbiorników, to należy je uznać za strefę 1 obszaru niebezpiecznego.*
  - 3. Jeżeli przestrzenie magazynowe paliwa mają dostęp przez otwory zabezpieczone śrubami do przestrzeni przyłączeniowej zbiornika, to należy je uznać za strefę 2 obszaru niebezpiecznego. (IACS UI GF14, MSC.1/Circ.1605)*
- .2** pomieszczenie przygotowania paliwa wyposażone w wentylację, zgodnie z 13.6;
  - .3** obszary na pokładzie otwartym lub przestrzenie półzamknięte na pokładzie, w odległości do 3 m od jakiegokolwiek wylotu zbiornika paliwa, wylotu gazu lub par\*, zaworu kolektora bunkrowania, innego zaworu paliwa, kołnierza rurociągu paliwowego, wylotów wentylacyjnych z pomieszczenia przygotowania paliwa i otworów rozładowania ciśnienia zbiornika paliwa, umożliwiających przepływ małych objętości mieszanin gazu lub par spowodowanych zmianami termicznymi;
- \* Takimi obszarami są, np. wszystkie obszary w promieniu 3 m od włączów zbiorników paliwa, otworów ulażowych lub rur sondujących zbiorników paliwa znajdujących się na pokładzie otwartym i wylotów par gazu.
- .4** obszary na pokładzie otwartym lub przestrzenie półzamknięte na pokładzie, w odległości do 1,5 m od wejść do pomieszczeń przygotowania paliwa, wlotów wentylacyjnych pomieszczenia przygotowania paliwa i innych otworów prowadzących do przestrzeni strefy 1;
  - .5** obszary na pokładzie otwartym w obrębie zrębnic ograniczających wycieki z zaworów kolektora bunkrowania i 3 m poza nimi, do wysokości 2,4 m nad pokładem;
  - .6** przestrzenie zamknięte lub półzamknięte, w których znajdują się rurociągi zawierające paliwo, np. kanały wokół rurociągów paliwowych, półzamknięte stacje bunkrowania;
  - .7** przedział maszynowy chroniony systemem ESD uważany jest za obszar bezpieczny podczas normalnej eksploatacji, lecz wymaga się, aby sprzęt niezbędny do działania po wykryciu wycieku gazu był certyfikowany jako odpowiedni dla strefy 1;
  - .8** pomieszczenie chronione przez służę powietrzną uważane jest za strefę bezpieczną podczas normalnej eksploatacji, lecz wymaga się, aby sprzęt niezbędny do działania po utracie różnicy ciśnień między pomieszczeniem chronionym a obszarem niebezpiecznym był certyfikowany jako odpowiedni dla strefy 1; oraz
  - .9** z wyjątkiem zbiorników typu C, obszar w odległości do 2,4 m od zewnętrznej powierzchni systemu magazynowania paliwa, jeżeli taka powierzchnia jest wystawiona na działanie warunków atmosferycznych. (Kodeks IGF, 12.5.2)

### 12.5.3 Strefa 2 obszaru niebezpiecznego\*

\* Oprzyrządowanie i aparatura elektryczna zainstalowana w tych obszarach powinny być typu odpowiedniego dla strefy 2.

**12.5.3.1** Strefa ta obejmuje co najmniej obszary w promieniu 1,5 m otaczające przestrzenie otwarte lub półzamknięte strefy 1. (Kodeks IGF, 12.5.3.1)

**12.5.3.2** Przestrzenie, w których znajdują się przykręcane śrubami włązy do przestrzeni przyłączeniowej zbiornika. (Kodeks IGF, 12.5.3.2)

## 13 WENTYLACJA (Kodeks IGF, 13)

### Uwaga:

O ile wyraźnie nie postanowiono inaczej, wymagania (Części A-1 Kodeksu IGF) Rozdziału 13 mają zastosowanie do statków wykorzystujących LPG jako paliwo. (MSC.1/Circ.1666, 13.3.1)

### 13.1 Cel

Celem niniejszego rozdziału jest zapewnienie wentylacji niezbędnej do bezpiecznego działania mechanizmów i urządzeń zasilanych paliwem gazowym. (Kodeks IGF, 13.1)

### 13.2 Wymagania funkcjonalne

Rozdział niniejszy powiązany jest z wymaganiami funkcjonalnymi podanymi w 3.2.2, 3.2.5, 3.2.8, 3.2.10, 3.2.12 do 2.3.14 i 3.2.17.

W przypadku LPG, w szczególności, wydajność i rozplanowanie systemu wentylacyjnego powinny być tak zaprojektowane, aby zapewnić skuteczność działania wentylacji przy uwzględnieniu gęstości gazu LPG (gaz jest cięższy od powietrza). (MSC.1/Circ.1666, 13.2)

### 13.3 Postanowienia ogólne (Kodeks IGF, 13)

**13.3.1** Wszelkie kanały używane do wentylacji pomieszczeń niebezpiecznych powinny być oddzielone od tych używanych do wentylacji pomieszczeń bezpiecznych. Wentylacja powinna funkcjonować w każdej temperaturze i warunkach środowiskowych, w których statek będzie eksploatowany. (Kodeks IGF, 13.3.1)

**13.3.2** Silniki elektryczne wentylatorów nie mogą być umieszczane w kanałach wentylacyjnych pomieszczeń niebezpiecznych, chyba że silniki te są certyfikowane do stosowania w tej samej strefie niebezpiecznej, co obsługiwane pomieszczenie. (Kodeks IGF, 13.3.2)

**13.3.3** Konstrukcja wentylatorów obsługujących przestrzenie, w których znajdują się źródła gazu powinna spełniać następujące wymagania:

- .1 wentylatory nie mogą wytwarzać źródeł zapłonu par ani w przestrzeni wentylowanej, ani w systemie wentylacyjnym związanym z tym pomieszczeniem. Wentylatory i kanały wentylatorów, w obrębie samych wentylatorów, powinny mieć konstrukcję nieiskrzącą, określoną następująco:
  - .1 wirniki lub obudowy wykonane z materiałów niemetalowych, mając na uwadze eliminację elektryczności statycznej;
  - .2 wirniki i obudowy wykonane z metali nieżelaznych;
  - .3 wirniki i obudowy wykonane z austenitycznej stali nierdzewnej;
  - .4 wirniki wykonane ze stopów aluminium lub magnezu z obudową z metali żelaznych (w tym ze stali austenitycznej nierdzewnej), których obudowy w rejonie wirnika mają zamontowany pierścień o odpowiedniej grubości z materiałów nieżelaznych, z uwzględnieniem elektryczności statycznej i korozji między pierścieniem a obudową; lub
  - .5 dowolna kombinacja wirników i obudów wykonanych z metali żelaznych (włączając austenityczną stal nierdzewną) z konstrukcyjnym luzem promieniowym nie mniejszym niż 13 mm;
- .2 w żadnym przypadku promieniowa szczelina powietrzna między wirnikiem a obudową nie może być mniejsza niż 0,1 średnicy wału wirnika w rejonie łożyska, ale nie mniejsza niż 2 mm. Szczelina nie musi być większa niż 13 mm;

- .3 jakakolwiek kombinacja elementu stałego lub wirującego ze stopu aluminium lub magnezu oraz elementu stałego lub wirującego z metali żelaznych, niezależnie od luzu promieniowego, jest uważana za zagrożenie iskrzeniem i nie może być stosowana w tych miejscach. (Kodeks IGF, 13.3.3)

**13.3.4** Systemy wentylacyjne wymagane w celu uniknięcia gromadzenia się gazu powinny składać się z niezależnych wentylatorów, każdy o wystarczającej wydajności, o ile w niniejszej *Publikacji* (Kodeksie) nie podano inaczej. (Kodeks IGF, 13.3.4)

**13.3.5** Pobory powietrza do zamkniętych pomieszczeń niebezpiecznych powinno być umieszczane w obszarach, które w przypadku braku takiego wlotu byłyby bezpieczne. Pobory powietrza do zamkniętych przestrzeni bezpiecznych powinno być umieszczane w obszarach bezpiecznych, oddalonych co najmniej o 1,5 m od granic jakiegokolwiek obszaru niebezpiecznego. Jeżeli kanał wlotowy przechodzi przez pomieszczenie bardziej niebezpieczne, to kanał ten powinien być gazoszczelny i powinien wykazywać nadciśnienie w stosunku do ciśnienia tej przestrzeni. (Kodeks IGF, 13.3.5)

W przypadku LPG, dodatkowo, **wyloty i wloty powietrza do/z zamkniętych pomieszczeń niebezpiecznych powinny być tak rozmieszczone, aby zapobiec przedostawaniu się usuwanego powietrza z powrotem do przestrzeni przez wloty powietrza, wykorzystując ocenę ryzyka omówioną w 4.2 i zgodnie z wymaganiami Administracji.** (MSC.1/Circ.1666, 13.3.2)

**13.3.6** Wyloty powietrza z pomieszczeń bezpiecznych powinny być umieszczane poza obszarami niebezpiecznymi. (Kodeks IGF, 13.3.6)

**13.3.7** Wyloty powietrza z zamkniętych przestrzeni niebezpiecznych powinny być umieszczane w obszarze otwartym, który w przypadku braku rozpatrywanego wylotu miałby takie samo lub mniejsze zagrożenie niż przestrzeń wentylowana. (Kodeks IGF, 13.3.7)

**13.3.8** Wymagana wydajność urządzenia wentylacyjnego powinna być normalnie określana w oparciu o całkowitą objętość pomieszczenia. W przypadku pomieszczeń o skomplikowanym kształcie może być konieczne zwiększenie wymaganej wydajności wentylacji. (Kodeks IGF, 13.3.8)

W przypadku LPG, dodatkowo, **przy określaniu wymaganej wydajności wentylacji należy zwrócić szczególną uwagę na gęstość i dolną granicę wybuchowości (DGW) gazu LPG, co powinno być oparte obliczeniami numerycznymi, takimi jak analiza CFD (obliczeniowa dynamika płynów).** (MSC.1/Circ.1666, 13.3.3).

**13.3.9** Pomieszczenia bezpieczne z otworami wejściowymi do obszaru niebezpiecznego powinny być wyposażone w służę powietrzną, a w pomieszczeniach tych powinno być utrzymywane nadciśnienie w stosunku do zewnętrznego obszaru niebezpiecznego. Wentylacja nadciśnieniowa powinna spełniać następujące wymagania:

- .1 podczas pierwszego uruchomienia lub po utracie wentylacji nadciśnieniowej, przed włączeniem zasilenia jakiegokolwiek instalacji elektrycznej, która nie jest certyfikowana jako typu bezpiecznego dla tego pomieszczenia, w przypadku braku nadciśnienia należy:
  - .1 przedmuchać pomieszczenie (co najmniej 5 wymian powietrza) lub potwierdzić pomiarami, że pomieszczenie jest bezpieczne; oraz
  - .2 wytworzyć nadciśnienie w pomieszczeniu;
- .2 działanie wentylacji nadciśnieniowej powinno być monitorowane, a w przypadku awarii wentylacji nadciśnieniowej:
  - .1 alarm dźwiękowy i wizualny powinien zostać aktywowany w miejscu obsadzonym

- wachtą; oraz
- .2 jeżeli nadciśnienie nie może zostać natychmiast przywrócone, automatycznie lub w sposób zaprogramowany, to wymagane jest odłączenie instalacji elektrycznych, zgodnie z uznaną normą\*.

\* Patrz IEC 60092-502: 1999 *Instalacje elektryczne na statkach – Zbiornikowce – Funkcje specjalne*, tabela 5.

**13.3.10** Pomieszczenia bezpieczne z otworami wejściowymi do zamkniętych pomieszczeń niebezpiecznych powinny być wyposażone w służę powietrzną, a w pomieszczeniu niebezpiecznym powinno być utrzymywane podciśnienie w stosunku do pomieszczenia bezpiecznego. Działanie wentylacji wyciągowej w pomieszczeniu niebezpiecznym powinno być monitorowane, a w przypadku awarii wentylacji wyciągowej:

- .1 alarm dźwiękowy i wizualny powinien zostać aktywowany w miejscu obsadzonym wachtą; oraz
- .2 jeżeli podciśnienie nie może zostać natychmiast przywrócone, automatycznie lub w sposób zaprogramowany, to wymagane jest odłączenie instalacji elektrycznych w pomieszczeniu bezpiecznym, zgodnie z uznaną normą. (Kodeks IGF, 13.3.10)

**13.3.11** W przypadku LPG, liczba i lokalizacja punktów wyciągowych wentylacji w każdym pomieszczeniu powinna zostać rozpatrzona z uwzględnieniem wielkości i układu pomieszczenia. Tam, gdzie układy dna pomieszczenia są skomplikowane, należy na podstawie analizy wentylacji wykazać, że wydajność i układ kanałów wentylacji są odpowiednie dla danego pomieszczenia. (MSC.1/Circ.1666, 13.3.5)

Mając na uwadze własności fizyczne postaci gazowej LPG, która jest cięższa od powietrza, końcówki kanałów wyciągowych powinny znajdować się w dolnej części pomieszczenia, możliwie blisko dna pomieszczenia.

#### **13.4 Wentylacja przestrzeni przyłączeniowej zbiornika** (Kodeks IGF, 13.4)

**13.4.1** Przestrzeń przyłączeniowa zbiornika powinna być wyposażona w skuteczny system wymuszonej wentylacji mechanicznej typu wyciągowego. Wydajność wentylacji powinna zapewniać co najmniej 30 wymian powietrza na godzinę. Liczba wymian powietrza może zostać zmniejszona, jeśli zostaną zainstalowane inne odpowiednie środki ochrony przeciwwybuchowej. Równoważność instalacji alternatywnych należy wykazać za pomocą oceny ryzyka. (patrz 4.2). (Kodeks IGF, 13.4.1)

**13.4.2** W szybie wentylacyjnym przestrzeni przyłączeniowej zbiornika powinny zostać zamontowane automatyczne, odporne na uszkodzenia klapy przeciwpożarowe uznanego typu. (Kodeks IGF, 13.4.2)

W przypadku LPG, automatyczne, odporne na uszkodzenia klapy przeciwpożarowe, powinny zostać zamontowane w szybie wentylacyjnym przestrzeni przyłączeniowej zbiornika, pomieszczenia przygotowania paliwa lub innego pomieszczenia, jak to zostanie uznane za konieczne na podstawie oceny ryzyka zgodnie z 4.2 i zgodnie z wymaganiami Administracji. (MSC.1/Circ.1666, 13.3.4)

#### **13.5 Wentylacja przedziałów maszynowych** (Kodeks IGF, 13.5)

**13.5.1** System wentylacyjny przedziałów maszynowych, w których znajdują się odbiorniki zasilane gazem, powinien być niezależny od wszystkich innych systemów wentylacyjnych. (Kodeks IGF, 13.5.1)

**Interpretacja IACS oraz IMO:**

*Pomieszczenia zamknięte w granicach przedziałów maszynowych (takie jak pomieszczenie wirówek, warsztaty maszynowni i magazyny) są uważane za integralną część przedziałów maszynowych, w których znajdują się odbiorniki paliwa gazowego, a zatem ich system wentylacyjny nie musi być niezależny systemów przedziałów maszynowych. (IACS UI GF10, MSC.1/Circ.1558)*

**13.5.2** Przedziały maszynowe chronione systemem ESD powinny być wyposażone w wentylację o wydajności co najmniej 30 wymian powietrza na godzinę. System wentylacyjny powinien zapewniać dobrą cyrkulację powietrza we wszystkich przestrzeniach, a w szczególności zapewniać wykrycie tworzenia się kieszeni gazowych w pomieszczeniu. Alternatywnie akceptowalne są rozwiązania, zgodnie z którymi w normalnych warunkach pracy przedziały maszynowe są wentylowane z wydajnością co najmniej 15 wymian powietrza na godzinę, pod warunkiem że w przypadku wykrycia gazu w przedziale maszynowym liczba wymian powietrza zostanie automatycznie zwiększona do 30 wymian na godzinę (Kodeks IGF, 13.5.2)

**Postanowienia 13.5.2, (... Kodeksu IGF) nie mają zastosowania do statków wykorzystujących LPG jako paliwo.** (MSC.1/Circ.1666, 13.3.6)

**13.5.3** W przedziałach maszynowych chronionych systemem ESD systemy wentylacyjne powinny zapewniać wystarczającą redundancję, aby zapewnić wysoki poziom dostępności wentylacji, jak określono w normie akceptowanej przez Organizację (IMO)\*. (Kodeks IGF, 13.5.3)

**Postanowienia (...) 13.5.3, (... Kodeksu IGF) nie mają zastosowania do statków wykorzystujących LPG jako paliwo.** (MSC.1/Circ.1666, 13.3.6)

\* Patrz norma IEC 60079-10-1.

**13.5.4** Liczba i moc wentylatorów dla maszynowni chronionych systemem ESD oraz dla przewodów paliwa gazowego o podwójnych ścianach w gazobezpiecznej maszynowni powinny być takie, aby wydajność nie uległa zmniejszeniu o więcej niż 50% całkowitej wydajności wentylacji, jeżeli wentylator z oddzielnym obwodem z rozdzielnicą głównej lub rozdzielnicą awaryjnej lub zespół wentylatorów ze wspólnym obwodem z rozdzielnicą głównej lub rozdzielnicą awaryjnej przestanie działać. (Kodeks IGF, 13.5.4)

**Postanowienia (...) 13.5.4 (Kodeksu IGF) nie mają zastosowania do statków wykorzystujących LPG jako paliwo.** (MSC.1/Circ.1666, 13.3.6)

## **13.6 Wentylacja pomieszczenia przygotowania paliwa** (Kodeks IGF, 13.6)

**13.6.1** Pomieszczenia przygotowania paliwa powinny być wyposażone w skuteczny system wentylacji mechanicznej typu podciśnieniowego, o wydajności co najmniej 30 wymian powietrza na godzinę. (Kodeks IGF, 13.6.1)

**13.6.2** Liczba i moc wentylatorów powinny być takie, aby ich wydajność nie zmniejszyła się o więcej niż 50%, jeżeli wentylator z oddzielnym obwodem z rozdzielnicą głównej lub rozdzielnicą awaryjnej lub zespół wentylatorów ze wspólnym obwodem z rozdzielnicą głównej lub rozdzielnicą awaryjnej przestanie działać. (Kodeks IGF, 13.6.2)

**13.6.3** Systemy wentylacyjne pomieszczeń przygotowania paliwa powinny zawsze działać w czasie pracy pomp lub sprężarek. (Kodeks IGF, 13.6.3)

### 13.7 Wentylacja stacji bunkrowania

Stacje bunkrowania, które nie znajdują się na pokładzie otwartym powinny być odpowiednio wentylowane, aby zapewnić, że wszelkie pary uwolnione podczas operacji bunkrowania zostaną usunięte na zewnątrz. Jeżeli wentylacja naturalna nie jest wystarczająca, należy zapewnić wentylację mechaniczną, zgodnie z oceną ryzyka wymaganą w 8.3.1.1. (Kodeks IGF, 13.7)

### 13.8 Wentylacja kanałów i rurociągów o podwójnych ścianach (Kodeks IGF, 13.8)

**13.8.1** Kanały i rurociągi o podwójnych ścianach, w których znajdują się przewody paliwa gazowego powinny być wyposażone w skuteczny system wentylacji mechanicznej typu wyciągowego, o wydajności co najmniej 30 wymian powietrza na godzinę. Nie dotyczy to przewodów o podwójnych ścianach w maszynowni, jeżeli są spełnione wymagania zawarte w 9.6.1.1. (Kodeks IGF, 13.8.1)

**13.8.2** System wentylacyjny przewodów o podwójnych ścianach oraz pomieszczeń z zaworami gazowymi w maszynowniach gazobezpiecznych powinien być niezależny od wszystkich innych systemów wentylacyjnych. (Kodeks IGF, 13.8.2)

#### **Interpretacja IACS oraz IMO:**

*Przewody o podwójnych ścianach i pomieszczenia z zaworami gazowymi w maszynowniach gazobezpiecznych są uważane za integralną część systemów zasilania paliwem, a zatem ich system wentylacyjny nie musi być niezależny od innych systemów wentylacyjnych instalacji zasilania paliwem, pod warunkiem że takie instalacje zasilania paliwem zawierają tylko paliwo gazowe. (IACS UI GF11, MSC.1/Circ.1558)*

**13.8.3** Wlot wentylacyjny kanału lub rurociągu o podwójnych ściankach powinien zawsze znajdować się w obszarze bezpiecznym, z dala od źródeł zapłonu. Otwór wlotowy powinien być wyposażony w odpowiednią osłonę z siatki drucianej i zabezpieczony przed wnikaniem wody. (Kodeks IGF, 13.8.3)

#### **Interpretacja IACS oraz IMO:**

*Wlot wentylacyjny kanału lub rurociągu o podwójnych ściankach powinien zawsze znajdować się w obszarze bezpiecznym na otwartej przestrzeni, z dala od źródeł zapłonu. (IACS UI GF12, MSC.1/Circ.1558)*

**13.8.4** Wydajność wentylacji kanału lub rurociągu o podwójnych ściankach może być mniejsza niż 30 wymian powietrza na godzinę, jeśli zapewniona jest szybkość przepływu powietrza wynosząca co najmniej 3 m/s. Szybkość przepływu powietrza powinna być obliczana dla kanału z zainstalowanymi przewodami paliwowymi i innymi elementami. (Kodeks IGF, 13.8.4)

## 14 INSTALACJE ELEKTRYCZNE (Kodeks IGF, 14)

### Uwaga:

O ile wyraźnie nie postanowiono inaczej, wymagania (Części A-1 Kodeksu IGF) Rozdziału 14 mają zastosowanie do statków wykorzystujących LPG jako paliwo. (MSC.1/Circ.1666, 14.3.1)

### 14.1 Cel

Celem niniejszego rozdziału jest zapewnienie instalacji elektrycznych, które minimalizują ryzyko zapłonu w obecności atmosfery łatwopalnej. (Kodeks IGF, 14.1)

### 14.2 Wymagania funkcjonalne

Rozdział niniejszy dotyczy wymagań funkcjonalnych podanych w 3.2.1, 3.2.2, 3.2.4, 3.2.7, 3.2.8, 3.2.11, 3.2.13 i 3.2.16 do 3.2.18. W szczególności, obowiązuje następujące wymaganie:

Systemy wytwarzania i dystrybucji energii elektrycznej oraz związane z nimi układy sterowania powinny być zaprojektowane w taki sposób, aby pojedyncza awaria nie powodowała utraty zdolności do utrzymania ciśnienia w zbiorniku paliwa i temperatury konstrukcji kadłuba w zakresie normalnych granic eksploatacyjnych. (Kodeks IGF, 14.2)

### 14.3 Postanowienia ogólne

**14.3.1** Instalacje elektryczne powinny odpowiadać normom co najmniej równoważnym tym, które są akceptowane przez Organizację (IMO)\*. (Kodeks IGF, 14.3.1)

\* Patrz mające zastosowanie normy serii IEC 60092.

**14.3.2** Urządzenia oraz przewody elektryczne nie powinny być instalowane w obszarach niebezpiecznych, chyba że są one niezbędne do celów eksploatacyjnych lub zwiększenia bezpieczeństwa. (Kodeks IGF, 14.3.2)

**14.3.3** Jeżeli urządzenia elektryczne są instalowane w obszarach niebezpiecznych, jak podano w 14.3.2, to powinny być dobierane, instalowane i utrzymywane zgodnie z normami co najmniej równoważnymi z normami akceptowanymi przez Organizację (IMO)\*.

\* Patrz zalecenia opublikowane przez Międzynarodową Komisję Elektrotechniczną, w szczególności publikacja IEC 60092-502: 1999.

Urządzenia przeznaczone do obszarów niebezpiecznych powinny zostać ocenione i certyfikowane lub wyspecyfikowane przez akredytowaną jednostkę badawczą lub jednostkę notyfikowaną, uznaną przez Administrację. (Kodeks IGF, 14.3.3)

W przypadku LPG, dodatkowo, urządzenia przeznaczone do obszarów niebezpiecznych powinny być certyfikowane jako typu bezpiecznego odpowiednio do składu LPG, zgodnie z IEC 60079-20.

Norma IEC 60079-20 klasyfikuje klasy temperaturowe i grupy urządzeń dla propanu i butanu w następujący sposób:

	Klasa temperaturowa	Grupa urządzeń
Propan	T2	IIA
Butan	T2	IIA

Urządzenia powinny być certyfikowane zgodnie z klasą temperaturową IEC T2 i grupą urządzeń IIA. (MSC.1/Circ.1666, 14.3.2)



**14.3.4** Rodzaje awarii i skutki pojedynczej awarii w systemach wytwarzania i dystrybucji energii elektrycznej, o których mowa w 14.2, powinny zostać przeanalizowane i udokumentowane, aby były co najmniej równoważne tym, które są akceptowane przez Organizację (IMO)\*. (Kodeks IGF, 14.3.4)

\* Patrz IEC 60812.

**14.3.5** Instalacja oświetlenia w obszarach niebezpiecznych powinna być podzielona na co najmniej dwa odgałęzione obwody. Wszystkie przełączniki i urządzenia zabezpieczające powinny przerywać wszystkie bieguny lub fazy i powinny znajdować się w obszarze bezpiecznym. (Kodeks IGF, 14.3.5)

**14.3.6** Instalacja zespołów wyposażenia elektrycznego na statku powinna być taka, aby zapewnione było bezpieczne połączenie z kadłubem tych zespołów. (Kodeks IGF, 14.3.6)

**14.3.7** Należy zapewnić sygnalizację alarmową niskiego poziomu cieczy i automatycznego wyłączenia silników w przypadku niskiego poziomu cieczy. Automatyczne wyłączenie można zrealizować poprzez wykrycie niskiego ciśnienia tłoczenia pompy, niskiego poboru prądu przez silnik lub niskiego poziomu cieczy. Wyłączenie to powinno wywołać alarm dźwiękowy i wizualny na mostku nawigacyjnym, centralnym posterunku dowodzenia stale osadzonym wachtą lub pokładowym centrum bezpieczeństwa. (Kodeks IGF, 14.3.7)

**14.3.8** Silniki zanurzeniowych pomp paliwowych i ich przewody zasilające mogą być montowane w systemach magazynowania skroplonego paliwa gazowego. Silniki pomp paliwowych muszą mieć możliwość odłączenia ich zasilania elektrycznego podczas operacji odgazowywania. (Kodeks IGF, 14.3.8)

**14.3.9** W przypadku pomieszczeń bezpiecznych z dostępem z niebezpiecznego pokładu otwartego, do których dostęp jest chroniony przez śluzę powietrzną, urządzenia elektryczne, które nie są certyfikowane jako typu bezpiecznego, powinny być odłączane od zasilania po utracie nadciśnienia w pomieszczeniu. (Kodeks IGF, 14.3.9)

**14.3.10** Urządzenia elektryczne do napędu, wytwarzania energii, manewrowania, kotwiczenia i cumowania, a także awaryjnych pomp pożarowych, które znajdują się w pomieszczeniach chronionych przez śluzy powietrzne, powinny być certyfikowane jako typu bezpiecznego. (Kodeks IGF, 14.3.10)

## 15 SYSTEMY STEROWANIA, MONITORINGU I BEZPIECZEŃSTWA (Kodeks IGF, 15)

### Uwaga:

O ile wyraźnie nie postanowiono inaczej, wymagania (Części A-1 Kodeksu IGF) Rozdziału 15 mają zastosowanie do statków wykorzystujących LPG jako paliwo. (MSC.1/Circ.1666, 15.3.1)

### 15.1 Cel

Celem niniejszego rozdziału jest zapewnienie systemów sterowania, monitoringu i bezpieczeństwa, które wspomagają efektywne i bezpieczne działanie systemów paliwa gazowego, określonych w innych rozdziałach niniejszej *Publikacji* (Kodeksu). (Kodeks IGF, 15.1)

### 15.2 Wymagania funkcjonalne

Rozdział niniejszy powiązany jest z wymaganiami funkcjonalnymi podanymi w 3.2.1, 3.2.2, 3.2.11, 3.2.13 do 3.2.15, 3.2.17 i 3.2.18. W szczególności obowiązują następujące wymagania:

- 1 systemy sterowania, monitoringu i bezpieczeństwa instalacji zasilanej paliwem gazowym powinny być tak rozwiązane, aby w przypadku pojedynczej awarii pozostała moc służąca do napędu i wytwarzania energii była zgodna z 9.3.1;
- 2 system bezpieczeństwa gazowego powinien być tak rozwiązany, aby zapewniał automatyczne odcięcie systemu zasilania gazem w przypadku awarii w systemie, jak opisano w tabeli 1, oraz w przypadku innych stanów awaryjnych, które mogą rozwijać się zbyt szybko, aby można było interweniować ręcznie;
- 3 w przypadku konfiguracji ochrony przedziału maszynowego systemem ESD, system bezpieczeństwa powinien odcinać dopływ gazu w przypadku jego wycieku, a ponadto odłączać wszelkie urządzenia elektryczne w przedziale maszynowym, które nie są certyfikowane jako typu bezpiecznego;
- 4 funkcje bezpieczeństwa powinny być zaaranżowane w dedykowanym systemie bezpieczeństwa gazowego, niezależnym od systemu sterowania gazem, w celu uniknięcia możliwych uszkodzeń spowodowanych wspólną przyczyną. Obejmuje to zasilanie energią oraz sygnały wejściowy i wyjściowy;
- 5 system bezpieczeństwa, łącznie z oprzyrządowaniem, powinien być tak rozwiązany, aby uniknąć przypadkowego wyłączenia, np. w wyniku awarii detektora gazu lub przerwania przewodu w pętli czujnika; oraz
- 6 w przypadku, gdy do spełnienia przepisów wymagane są dwa lub więcej systemy zasilania gazem, to każdy system powinien być wyposażony we własny zestaw niezależnych układów sterowania i bezpieczeństwa gazowego. (Kodeks IGF, 15.1)

### 15.3 Postanowienia ogólne (Kodeks IGF, 15.3)

**15.3.1** Należy zainstalować odpowiednie oprzyrządowanie pozwalające na lokalny i zdalny odczyt istotnych parametrów, w celu zapewnienia bezpiecznego zarządzania całym wyposażeniem paliwa gazowego, w tym bunkrowaniem. (Kodeks IGF, 15.3.1)

**15.3.2** Studzienka zęzowa w każdej przestrzeni przyłączeniowej niezależnego zbiornika magazynowego skroplonego gazu powinna być wyposażona we wskaźnik poziomu\* i czujnik temperatury. Wysoki poziom cieczy w studzience zęzowej powinien aktywować sygnalizację alarmową. Wskazanie niskiej temperatury powinno aktywować system bezpieczeństwa. (Kodeks IGF, 15.3.2)

#### \* Interpretacja IACS oraz IMO:

Należy rozumieć, że „wskaźnik poziomu” wymagany w 15.3.2 (Kodeksu IGF) jest wymagany jedynie do wskazywania stanu alarmowego; przełącznik poziomu (przełącznik pływakowy) jest przykładem przyrządu, który spełnia ten wymóg. (IACS UI GF18, MSC.1/Circ.1591)

**15.3.3** W przypadku zbiorników, które nie są zainstalowane na stałe na statku należy przewidzieć system monitoringu taki sam, jak dla zbiorników zainstalowanych na stałe. (Kodeks IGF, 15.3.3)

## **15.4 Monitoring bunkrowania i zbiorników skroplonego paliwa gazowego** (Kodeks IGF, 15.4)

### **15.4.1** Wskaźniki poziomu cieczy zbiorników skroplonego paliwa gazowego

- .1** Każdy zbiornik skroplonego paliwa gazowego powinien być wyposażony w urządzenia do pomiaru poziomu cieczy, takie, aby zawsze można było dokonać odczytu wskazań poziomu, gdy zbiornik skroplonego paliwa gazowego jest użytkowany. Urządzenie(-a) powinno być zaprojektowane do działania w całym zakresie ciśnień projektowych zbiornika skroplonego paliwa gazowego oraz w temperaturach mieszczących się w zakresie temperatur roboczych paliwa.
- .2** Jeżeli zainstalowano tylko jeden wskaźnik poziomu cieczy, to powinien on być umieszczony w taki sposób, aby można go było utrzymywać w stanie roboczym bez potrzeby opróżniania lub odgazowywania zbiornika.
- .3** Wskaźniki poziomu cieczy zbiornika skroplonego paliwa gazowego mogą być następujących typów:
  - .1** urządzenia pomiaru pośredniego, które określają ilość paliwa za pomocą takich metod, jak ważenie lub bezpośredni pomiar przepływu; lub
  - .2** urządzenia zamknięte, które nie penetrują zbiornika skroplonego paliwa gazowego, takie jak urządzenia wykorzystujące izotopy promieniotwórcze lub urządzenia ultradźwiękowe. (Kodeks IGF, 15.4.1)

### **15.4.2** Kontrola przepełnienia zbiornika

- .1** Każdy zbiornik skroplonego paliwa gazowego powinien być wyposażony w sygnalizację alarmową wysokiego poziomu cieczy, działającą niezależnie od innych wskaźników poziomu cieczy i dającą dźwiękowe i wizualne ostrzeżenie po aktywacji.
- .2** Dodatkowy czujnik działający niezależnie od alarmu wysokiego poziomu cieczy powinien automatycznie uruchamiać zawór odcinający w sposób, który pozwoli zarówno uniknąć nadmiernego ciśnienia cieczy w linii bunkrowania, jak i całkowitego zapełnienia cieczą zbiornika skroplonego paliwa gazowego.
- .3** Położenie czujników w zbiorniku skroplonego paliwa gazowego powinno być możliwe do zweryfikowania przed włączeniem go do eksploatacji. Przy pierwszym pełnym załadunku po dostarczeniu na statek i po każdym dokowaniu statku należy przeprowadzić próbę działania alarmów wysokiego poziomu poprzez podniesienie poziomu cieczy w zbiorniku skroplonego paliwa gazowego do poziomu alarmowego.

#### **Interpretacja IACS oraz IMO:**

Wyrażenie „każde dokowanie statku” odnosi się do:

- 1.** w przypadku statków towarowych - przeglądu zewnętrznej strony dna statku wymaganego do odnowienia Certyfikatu bezpieczeństwa konstrukcji statku towarowego i/lub Certyfikatu bezpieczeństwa statku towarowego; oraz
- 2.** w przypadku statków pasażerskich - przeglądu zewnętrznej strony dna statku, który należy przeprowadzić zgodnie z pkt 5.10.1 i 5.10.2 Wytycznych dotyczących przeglądów w ramach Zharmonizowanego Systemu Przeglądów i Certyfikacji (HSSC), 2017 (rezolucja A.1121(30), z późniejszymi zmianami). (IACS UI GF1, MSC.1/Circ.1591)
- .4** Wszystkie elementy alarmów poziomu, w tym obwód elektryczny i czujnik(-i) alarmu wysokiego poziomu i przepełnienia, powinny mieć możliwość testowania funkcjonalnego. Systemy alarmowe powinny zostać przetestowane przed podjęciem operacji systemu paliwa gazowego, zgodnie z wymaganiami operacyjnymi, podanymi w 18.4.3 Kodeksu IGF.

- .5 Jeżeli przewidziano rozwiązania umożliwiające obejście systemu kontroli przepełnienia, to powinny one być takie, aby zapobiec ich niezamierzonemu uruchomieniu. W przypadku użycia tego obejścia, na mostku nawigacyjnym, centralnym posterunku dowodzenia stale obsadzonych wachtą lub pokładowym centrum bezpieczeństwa należy zapewnić ciągłe wskazanie wizualne. (Kodeks IGF, 15.4.2)

**15.4.3** Przestrzeń par każdego zbiornika skroplonego paliwa gazowego powinna być wyposażona w wskaźnik bezpośredniego odczytu ciśnienia. Dodatkowo, pośrednie wskazanie ciśnienia należy zapewnić na mostku nawigacyjnym, w centralnym posterunku dowodzenia stale obsadzonym wachtą lub pokładowym centrum bezpieczeństwa. (Kodeks IGF, 15.4.3)

**15.4.4** Wskaźniki ciśnienia powinny mieć wyraźnie oznaczoną najwyższą i najniższą dopuszczalną wartość ciśnienia w zbiorniku skroplonego paliwa gazowego. (Kodeks IGF, 15.4.4)

**15.4.5** Sygnalizacja alarmowa wysokiego ciśnienia oraz, jeśli wymagane jest zabezpieczenie przed podciśnieniem, sygnalizacja alarmowa niskiego ciśnienia powinny zostać zainstalowane na mostku nawigacyjnym oraz w centralnym posterunku dowodzenia stale obsadzonym wachtą lub w pokładowym centrum bezpieczeństwa. Alarmy powinny zostać aktywowane przed osiągnięciem zadanych nastaw ciśnień zaworów bezpieczeństwa. (Kodeks IGF, 15.4.5)

**15.4.6** Każda linia tłoczna pompy paliwowej i każdy kolektor paliwa ciekłego i gazowego powinny być wyposażone w co najmniej jeden lokalny wskaźnik ciśnienia. (Kodeks IGF, 15.4.6)

**15.4.7** Należy przewidzieć lokalny wskaźnik ciśnienia kolektora do wskazywania ciśnienia między zaworami kolektora statku a połączeniami węży z lądem. (Kodeks IGF, 15.4.7)

**15.4.8** Przestrzenie magazynowe paliwa i przestrzenie międzybarierowe bez otwartego połączenia z atmosferą powinny być wyposażone we wskaźnik ciśnienia. (Kodeks IGF, 15.4.8)

**15.4.9** Co najmniej jeden z przewidzianych wskaźników ciśnienia powinien wskazywać cały zakres ciśnienia roboczego (paliwa gazowego). (Kodeks IGF, 15.4.9)

**15.4.10** W przypadku zanurzonych silników pomp paliwa i ich przewodów zasilających należy zapewnić sygnalizację alarmową niskiego poziomu cieczy i automatycznego wyłączenia silników w przypadku niskiego poziomu cieczy. Automatyczne wyłączenie można zrealizować poprzez wykrycie niskiego ciśnienia tłoczenia pompy, niskiego poboru prądu przez silnik lub niskiego poziomu cieczy. Wyłączenie to powinno wywołać alarm dźwiękowy i wizualny na mostku nawigacyjnym, centralnym posterunku dowodzenia stale obsadzonym wachtą lub pokładowym centrum bezpieczeństwa. (Kodeks IGF, 15.4.10)

**15.4.11** Z wyjątkiem zbiorników niezależnych typu C wyposażonych w podciśnieniowy system izolacji i urządzenie do zrzutu paliwa w przypadku narastania ciśnienia, każdy zbiornik paliwa gazowego powinien być wyposażony w urządzenia do pomiaru i wskazywania temperatury paliwa w co najmniej trzech miejscach: na dnie i na środku zbiornika, jak również w górnej części zbiornika poniżej najwyższego dopuszczalnego poziomu cieczy. (Kodeks IGF, 15.4.11)

## **15.5 Sterowanie bunkrowaniem** (Kodeks IGF, 15.5)

**15.5.1** Sterowanie bunkrowaniem powinno być możliwe z bezpiecznego miejsca oddalonego od stacji bunkrowania. W tym miejscu powinno być monitorowane ciśnienie w zbiorniku, temperatura zbiornika, jeśli jest to wymagane w 15.4.11, oraz poziom cieczy w zbiorniku. Zdalnie sterowane zawory wymagane w 8.5.3 i 11.5.7 powinny mieć możliwość obsługi z tego miejsca. W tym miejscu również powinno być wskazanie alarmu przepełnienia zbiornika i automatyczne wyłączenie. (Kodeks IGF, 15.5.1)

**15.5.2** W przypadku zatrzymania wentylacji w kanałach otaczających linie bunkrowania, w miejscu sterowania bunkrowaniem należy zapewnić alarm dźwiękowy i wizualny, patrz również 15.8. (Kodeks IGF, 15.5.2)

**15.5.3** W przypadku wykrycia gazu w kanałach otaczających linię bunkrowania, w miejscu sterowania bunkrowaniem należy zapewnić alarm dźwiękowy i wizualny oraz awaryjne wyłączenie. (Kodeks IGF, 15.5.3)

## **15.6 Monitoring sprzęzarek gazu (Kodeks IGF, 15.6)**

**15.6.1** Sprężarki gazu powinny być wyposażone w sygnalizację dźwiękową i wizualną zarówno na mostku nawigacyjnym, jak i w centrali manewrowo-kontrolnej maszynowni. Alarmy powinny obejmować co najmniej niskie ciśnienie wejściowe gazu, niskie ciśnienie wyjściowe gazu, wysokie ciśnienie wyjściowe gazu i pracę sprężarki. (Kodeks IGF, 15.6.1)

**15.6.2** Należy zapewnić monitoring temperatury łożysk przejść grodziowych i łożysk wału, który automatycznie generuje ciągły dźwiękowy i wizualny sygnał alarmowy na mostku nawigacyjnym lub w centralnym posterunku dowodzenia stale obsadzonym wachtą. (Kodeks IGF, 15.6.2)

## **15.7 Monitoring silników zasilanych gazem**

W uzupełnieniu oprzyrządowania wymaganego zgodnie z częścią C Konwencji SOLAS, rozdział II-1, na mostku nawigacyjnym, w centrali manewrowo-kontrolnej maszynowni i na platformie manewrowej, powinny zostać zamontowane następujące wskaźniki:

- .1 działania silnika w przypadku silników zasilanych wyłącznie gazem; lub
- .2 działania i trybu pracy silnika w przypadku silników dwupaliwowych. (Kodeks IGF, 15.7)

## **15.8 Wykrywanie gazu (Kodeks IGF, 15.8)**

**15.8.1** Stałe detektory gazu powinny być zamontowane w:

- .1 przestrzeniach przyłączeniowych zbiorników;
- .2 wszystkich kanałach/rurach otaczających przewody paliwa gazowego;
- .3 przedziałach maszynowych, w których znajdują się rurociągi gazowe, urządzenia gazowe lub odbiorniki gazu;
- .4 pomieszczeniach sprzęzarek i pomieszczeniach przygotowania paliwa;
- .5 innych zamkniętych pomieszczeniach, w których znajdują się rurociągi paliwowe lub inne urządzenia paliwowe bez otaczających kanałów;
- .6 innych przestrzeniach zamkniętych lub półzamkniętych, w których mogą gromadzić się pary paliwa, łącznie z przestrzeniami międzybarierowymi i przestrzeniami magazynowymi paliwa ze zbiornikami niezależnymi, innymi niż typu C;
- .7 słuzach powietrznych;
- .8 zbiornikach wyrównawczych obiegu grzewczego gazu;
- .9 pomieszczeniach silników elektrycznych powiązanych z systemami paliwa; oraz
- .10 na wlotach wentylacyjnych do pomieszczeń mieszkalnych i maszynowych, jeżeli jest to wymagane na podstawie oceny ryzyka wymaganej w 4.2. (Kodeks IGF, 15.8.1)

W przypadku LPG, dodatkowo, **detektory gazu zainstalowane na stałe powinny znajdować się na wlotach wentylacyjnych pomieszczeń mieszkalnych i maszynowych oraz innych pomieszczeń o wysokim zagrożeniu pożarowym, chyba że Administracja uzna to za niepotrzebne na podstawie oceny ryzyka zgodnie z 4.2, jak również na stacji bunkrowania, zgodnie z wymaganiami rozdziału 8 niniejszej Publikacji (niniejszych Tymczasowych Wytycznych).**

**Interpretacja IACS oraz IMO:**

Należy uwzględnić, co najmniej, następujące „inne pomieszczenia o wysokim zagrożeniu pożarowym”:

1. pomieszczenia ładunkowe, z wyjątkiem zbiorników ładunkowych dla cieczy o temperaturze zapłonu powyżej 60°C oraz z wyjątkiem pomieszczeń ładunkowych, zwolnionych zgodnie z przepisami II-2/10.7.1.2 lub II-2/10.7.1.4 Konwencji SOLAS;
2. pomieszczenia samochodowe, ro-ro i kategorii specjalnej;
3. pomieszczenia służbowe (wysokiego ryzyka): kuchnie, pentry zawierające urządzenia do gotowania, sauny, schowki na farby i magazyny o powierzchni 4 m<sup>2</sup> lub większej, pomieszczenia do przechowywania cieczy łatwopalnych oraz warsztaty inne niż stanowiące część przedziału maszynowego, zgodnie z przepisami II-2/9.2.2.4, II-2/9.2.3.3 i II-2/9.2.4 Konwencji SOLAS; oraz
4. pomieszczenia mieszkalne o wyższym zagrożeniu pożarowym: sauny, sklepy, salony fryzjerskie i kosmetyczne oraz pomieszczenia ogólnodostępne zawierające meble i wyposażenie o innym niż ograniczone zagrożeniu pożarowym i powierzchni pokładu 50 m<sup>2</sup> lub większej, zgodnie z przepisem II-2/9.2.2.3 Konwencji SOLAS. (IACS UI GF17, MSC.1/Circ.1591)

**15.8.2** W każdym przedziale maszynowym chronionym systemem ESD należy zastosować rezerwowe systemy wykrywania gazu. (Kodeks IGF, 15.8.2)

**15.8.3** Podczas ustalania liczby detektorów gazu w każdej z chronionych przestrzeni należy wziąć pod uwagę wielkość, rozplanowanie i wentylację pomieszczenia. (Kodeks IGF, 15.8.3)

**15.8.4** Wyposażenie wykrywcze należy umieszczać w miejscach, gdzie może gromadzić się gaz oraz w wylotach wentylacyjnych. W celu ustalenia najlepszego rozmieszczenia należy zastosować analizę dyspersji gazu lub fizyczny test z użyciem dymu. (Kodeks IGF, 15.8.4)

**15.8.5** Wyposażenie wykrywcze gazu powinno być projektowane, instalowane i poddawane próbom zgodnie z uznaną normą\*. (Kodeks IGF, 15.8.5)

\* Patrz IEC 60079-29-1 – Atmosfery wybuchowe – Detektory gazu – Wymagania dotyczące działania detektorów gazów łatwopalnych.

**15.8.6** Dźwiękowy i wizualny sygnał alarmowy powinien zostać aktywowany przy stężeniu par gazu wynoszącym 20% dolnej granicy wybuchowości (DGW). System bezpieczeństwa powinien zostać uruchomiony przy 40% DGW, przy aktywacji dwóch detektorów (patrz przypis 1 w tabeli 1). (Kodeks IGF, 15.8.6)

**15.8.7** W przypadku kanałów wentylowanych otaczających przewody gazowe w przedziałach maszynowych, w których znajdują się silniki zasilane gazem, próg alarmowy może zostać ustawiony na 30% DGW. System bezpieczeństwa powinien zostać uruchomiony przy 60% DGW przy aktywacji dwóch detektorów (patrz przypis 1 w tabeli 1). (Kodeks IGF, 15.8.7)

**15.8.8** Dźwiękowy i wizualny alarm z urządzeń wykrywczych gazu powinien być usytuowany na mostku nawigacyjnym lub w centralnym posterunku dowodzenia stale obsadzonym wachtą. (Kodeks IGF, 15.8.8)

**15.8.9** Wykrywanie gazu wymagane w niniejszym podrozdziale powinno odbywać się w sposób ciągły i bez zwłoki czasowej. (Kodeks IGF, 15.8.9)

**15.9 Wykrywanie pożaru**

Wymagane działania funkcji bezpieczeństwa dla przestrzeni magazynowych paliwa po wykryciu pożaru w przedziale maszynowym, w którym znajdują się silniki zasilane paliwem gazowym, oraz

w pomieszczeniach, w których znajdują się niezależne zbiorniki magazynowe paliwa podano w tabeli 1 poniżej. (Kodeks IGF, 15.9)

## 15.10 Wentylacja (Kodeks IGF, 15.10)

**15.10.1** Jakakolwiek utrata wymaganej wydajności wentylacji powinna wywołać alarm dźwiękowy i wizualny na mostku nawigacyjnym lub w centralnym posterunku dowodzenia stale obsadzonym wachtą lub w pokładowym centrum bezpieczeństwa. (Kodeks IGF, 15.10.1)

### **Interpretacja IACS oraz IMO:**

*Akceptowalnymi środkami potwierdzającymi, że podczas pracy system wentylacyjny zapewnia „wymaganą wydajność wentylacji” są co najmniej:*

1. monitorowanie pracy silnika elektrycznego wentylacji lub wentylatora połączone ze wskazaniami podciśnienia; lub
2. monitorowanie pracy silnika elektrycznego wentylacji lub wentylatora połączone ze wskazaniami przepływu wentylacji; lub
3. monitorowanie natężenia przepływu wentylacji w celu poświadczenia, że zostało osiągnięte wymagane natężenie przepływu powietrza. (IACS UI GF15, MSC.1/Circ.1605)

**15.10.2** W przedziałach maszynowych chronionych systemem ESD system bezpieczeństwa powinien zostać aktywowany w przypadku utraty wentylacji w maszynowni. (Kodeks IGF, 15.10.2)

## 15.11 Funkcje bezpieczeństwa systemów zasilania paliwem (Kodeks IGF, 15.11)

**15.11.1** W przypadku odcięcia dopływu paliwa w wyniku zadziałania zaworu automatycznego, dopływ paliwa nie należy otwierać do czasu ustalenia przyczyny odcięcia i podjęcia niezbędnych środków ostrożności. Na stanowisku obsługi zaworów odcinających rurociągów zasilania paliwem powinna znajdować się dobrze widoczna tabliczka zawierająca instrukcję postępowania w tym zakresie. (Kodeks IGF, 15.11.1)

**15.11.2** W przypadku, gdy dojdzie do wycieku paliwa prowadzącego do odcięcia dopływu paliwa, dopływ paliwa nie powinien być wznowiony do czasu wykrycia i usunięcia wycieku. W przedziale maszynowym w widocznym miejscu powinna znajdować się instrukcja zawierająca odpowiednie informacje. (Kodeks IGF, 15.11.2)

**15.11.3** W przedziale maszynowym, w którym znajdują się silniki zasilane gazem powinna znajdować się zamontowana na stałe ostrzegawcza tabliczka lub szyld informująca, że podczas pracy silników na gazie nie wolno wykonywać operacji podnoszenia ciężarów, grożących uszkodzeniem przewodów paliwowych. (Kodeks IGF, 15.11.3)

**15.11.4** Sprężarki, pompy i zasilanie paliwem powinny być przystosowane do ręcznego zdalnego zatrzymania awaryjnego z następujących miejsc, jak to ma zastosowanie:

- .1 mostek nawigacyjny;
- .2 pomieszczenie sterowania ładunkiem;
- .3 pokładowe centrum bezpieczeństwa;
- .4 centrala manewrowo-kontrolna maszynowni;
- .5 pożarowy posterunek dowodzenia; oraz
- .6 przy wyjściu z pomieszczeń przygotowania paliwa.

Sprężarka gazu powinna również mieć możliwość ręcznego lokalnego zatrzymania awaryjnego. (Kodeks IGF, 15.11.4)

**Tabela 1:**  
**Monitoring systemu zasilania silników gazem**

Kryterium	Alarm	Automatyczne zamknięcie zaworu na zbiorniku paliwa <sup>6)</sup>	Automatyczne odcięcie dopływu gazu do przedziału maszynowego z silnikami zasilanymi gazem	Uwagi
1. Wykrycie gazu w przestrzeni przyłączeniowej zbiornika przy 20% DGW	X			
2. Wykrycie gazu przez dwa detektory <sup>1)</sup> w przestrzeni przyłączeniowej zbiornika przy 40% DGW	X	X		
3. Wykrycie pożaru w przestrzeni magazynowej paliwa	X			
4. Wykrycie pożaru w szybie wentylacyjnym systemu magazynowania paliwa znajdującym się poniżej pokładu	X			
5. Wysoki poziom cieczy w studziencie zęzowej przestrzeni przyłączeniowej zbiornika	X			
6. Niska temperatura w studziencie zęzowej przestrzeni przyłączeniowej zbiornika	X	X		
7. Wykrycie gazu w kanale między zbiornikiem paliwa a przedziałem maszynowym z silnikami zasilanymi gazem przy 20% DGW	X			
8. Wykrycie gazu przez dwa detektory <sup>1)</sup> w kanale między zbiornikiem paliwa a przedziałem maszynowym z silnikami zasilanymi gazem przy 40% DGW	X	X <sup>2)</sup>		
9. Wykrycie gazu w pomieszczeniu przygotowania paliwa przy 20% DGW	X			
10. Wykrycie gazu przez dwa detektory <sup>1)</sup> w pomieszczeniu przygotowania paliwa przy 40% DGW	X	X <sup>2)</sup>		
11. Wykrycie gazu w kanale znajdującym się w przedziale maszynowym z silnikami zasilanymi gazem przy 30% DGW	X			Jeżeli przewód podwójny paliwa jest zamontowany w przedziale maszynowym z silnikami zasilanymi gazem
12. Wykrycie gazu przez dwa detektory <sup>1)</sup> w kanale znajdującym się w przedziale maszynowym z silnikami zasilanymi gazem przy 60% DGW	X		X <sup>3)</sup>	Jeżeli przewód podwójny paliwa jest zamontowany w przedziale maszynowym z silnikami zasilanymi gazem
13. Wykrycie gazu w przedziale maszynowym chronionym systemem ESD z silnikami zasilanymi gazem przy 20% DGW	X			



Kryterium	Alarm	Automatyczne zamknięcie zaworu na zbiorniku paliwa <sup>6)</sup>	Automatyczne odcięcie dopływu gazu do przedziału maszynowego z silnikami zasilanymi gazem	Uwagi
14. Wykrycie gazu przez dwa detektory <sup>1)</sup> w przedziale maszynowym chronionym systemem ESD z silnikami zasilanymi gazem przy 40% DGW	X		X	Powinny również zostać odłączone niecertyfikowane jako typu bezpiecznego urządzenia elektryczne w przedziałach maszynowych z silnikami zasilanymi gazem
15. Utrata wentylacji w kanale między zbiornikiem a przedziałem maszynowym z silnikami zasilanymi gazem	X		X <sup>2)</sup>	
16. Utrata wentylacji w kanale znajdującym się w przedziale maszynowym z silnikami zasilanymi gazem <sup>5)</sup>	X		X <sup>3)</sup>	Jeżeli przewód podwójny paliwa jest zamontowany w przedziale maszynowym z silnikami zasilanymi gazem
17. Utrata wentylacji w przedziale maszynowym chronionym systemem ESD z silnikami zasilanymi gazem	X		X	
18. Wykrycie pożaru w przedziale maszynowym z silnikami zasilanymi gazem	X			
19. Nieprawidłowe ciśnienie gazu w rurociągu doprowadzającym gaz	X			
20. Awaria związana z czynnikiem uruchamiającym sterowanie zaworem	X		X <sup>4)</sup>	Uznana za konieczną zwłoka czasowa
21. Automatyczne wyłączenie silnika (awaria silnika)	X		X <sup>4)</sup>	
22. Awaryjne wyłączenie silnika uruchomione ręcznie	X		X	
<p>1) Ze względu na redundancję wymagane są dwa niezależne detektory gazu umieszczone blisko siebie. Jeżeli detektor gazu jest typu samo monitorującego, to można zezwolić na zainstalowanie pojedynczego detektora gazu.</p> <p>2) Jeśli ze zbiornika gaz jest dostarczany do więcej niż jednego silnika, a rurociągi zasilające są całkowicie oddzielone i zamontowane w oddzielnych kanałach, a zawory główne są zamontowane na zewnątrz kanału, to tylko zawór główny na rurociągu zasilającym prowadzącym do kanału, gdzie gaz lub utrata wentylacji zostaną wykryte, powinien zostać zamknięty.</p> <p>3) Jeżeli gaz jest dostarczany do więcej niż jednego silnika, a rurociągi zasilające są całkowicie oddzielone i zamontowane w oddzielnych kanałach, a zawory główne są zamontowane na zewnątrz kanału i poza przedziałem maszynowym z silnikami zasilanymi gazem, to tylko zawór główny na rurociągu zasilającym prowadzącym do kanału, w którym wykryto gaz lub utratę wentylacji, powinien zostać zamknięty.</p> <p>4) Tylko zawór podwójnej blokady i upustu ma zostać zamknięty.</p> <p>5) Jeżeli kanał jest chroniony gazem obojętnym (patrz 9.6.1.1), to utrata nadciśnienia gazu obojętnego powinna prowadzić do takich samych działań, jak podano w niniejszej tabeli.</p> <p>6) Zawory, o których mowa w 9.4.1.</p>				

**16 PRODUKCJA, WYKONANIE I PRÓBY** (Kodeks IGF, 16)**Uwaga:**

O ile wyraźnie nie postanowiono inaczej, wymagania (Części A-1 Kodeksu IGF) Rozdziału 16 mają zastosowanie do statków wykorzystujących LPG jako paliwo. (MSC.1/Circ.1666, 16)

**16.1 Wymagania ogólne** (Kodeks IGF, 16.1)

**16.1.1** Produkcja, próby, kontrola oraz dokumentacja materiałów konstrukcyjnych powinny być zgodne z uznanymi normami oraz wymaganiami niniejszej *Publikacji* (Kodeksu). (Kodeks IGF, 16.1.1)

**16.1.2** W przypadku, gdy przewidziano lub wymaga się obróbki cieplnej po spawaniu, właściwości materiału rodzimego powinny być określone w stanie po obróbce cieplnej, zgodnie z mającymi zastosowanie tabelami z rozdziału 7, a właściwości spoiny należy określić w stanie po obróbce cieplnej zgodnie z 16.3. Gdy zastosowano obróbkę cieplną po spawaniu, wymagania dotyczące prób mogą być zmienione wg uznania Administracji. (Kodeks IGF, 16.1.2)

**16.2 Ogólne wymagania i specyfikacje dotyczące prób** (Kodeks IGF, 16.2)**16.2.1 Próba rozciągania** (Kodeks IGF, 16.2.1)

**16.2.1.1** Próbę rozciągania należy przeprowadzić zgodnie z uznanymi normami. (Kodeks IGF, 16.2.1.1)

**16.2.1.2** Wytrzymałość na rozciąganie, granica plastyczności oraz wydłużenie powinny odpowiadać wymaganiom Administracji. W przypadku stali węglowo-manganowych i innych materiałów o wyraźnej granicy plastyczności, należy rozpatrzyć ograniczenie stosunku granicy plastyczności do wytrzymałości na rozciąganie. (Kodeks IGF, 16.2.1.2)

**16.2.2 Próba wytrzymałości** (Kodeks IGF, 16.2.2)

**16.2.2.1** Próby odbioru materiałów metalowych powinny obejmować próby udarności metodą Charpy V, chyba że Administracja określi inaczej. Określone wymagania dla próby z karbem Charpy V to minimalne średnie wartości energii dla trzech próbek pełnowymiarowych (10 mm × 10 mm) oraz minimalne wartości energii pojedynczej dla poszczególnych próbek. Wymiary i tolerancje próbek z karbem Charpy V powinny być zgodne z uznanymi normami. Próby i wymagania dotyczące próbek mniejszych niż 5,0 mm powinny być zgodne z uznanymi normami. Minimalne wartości średnie dla próbek o zmniejszonych wymiarach powinny wynosić:

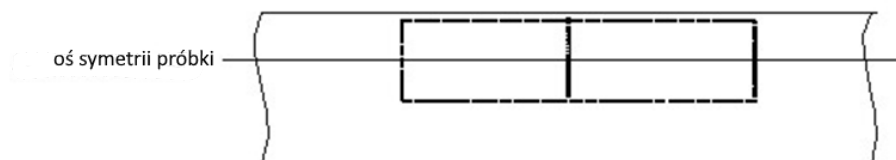
Wymiary próbki z karbem Charpy V [mm]	Minimalna wartość energii – średnia z trzech próbek
10 x 10	<i>KV</i>
10 x 7,5	5/6 <i>KV</i>
10 x 5,0	2/3 <i>KV</i>

gdzie:

*KV* = wartości energii [J] podane w tabelach 7.1 do 7.4.

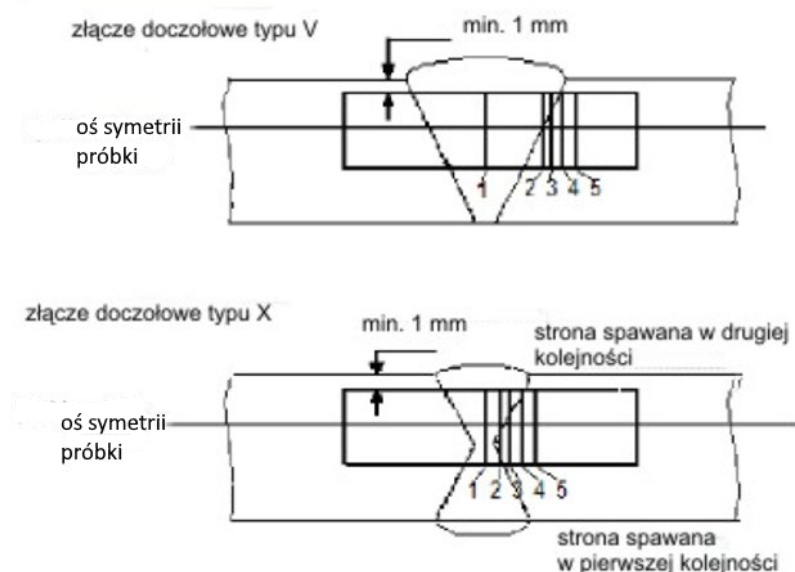
Tylko jedna indywidualna wartość energii może być niższa od podanej wartości średniej, pod warunkiem że nie jest mniejsza niż 70% tej wartości. (Kodeks IGF, 16.2.2.1)

**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 karb powinien być prostopadły do powierzchni, jak pokazano na rys. 16.1. (Kodeks IGF, 16.2.2.2)



Rys. 16.1 – Orientacja próbki metalu podstawowego

**16.2.2.3** W przypadku próbki do badań spoiny, próbki z karbem 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. We wszystkich przypadkach odległość od powierzchni materiału do krawędzi próbki powinna wynosić około 1 mm lub więcej. Dodatkowo, w przypadku podwójnych spoin doczołowych typu X, próbki powinny być wycinane bliżej powierzchni spawanej w drugiej kolejności. Próbki powinny być w zasadzie pobierane w każdym z następujących miejsc, jak pokazano na rys. 16.2, w osi spoiny, na linii wtopienia oraz w odległości 1 mm, 3 mm i 5 mm od linii wtopienia.



Rys. 16.2 – Orientacja próbki złącza spawanego

Usytuowanie karbu na rys. 16.2:

- 1 w osi spoiny;
- 2 na linii wtopienia;
- 3 w strefie wpływu ciepła (WCC), 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. (Kodeks IGF, 16.2.2.3)

**16.2.2.4** Jeśli średnia wartość z trzech pierwszych próbek z karbem 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 dozwolonej wartości dla pojedynczej próbki, to można poddać próbie trzy dodatkowe próbki z tego samego materiału, a uzyskane wyniki można powiązać z otrzymanymi wcześniej w celu obliczenia nowej średniej. Jeśli ta nowa średnia odpowiada wymaganiom i jeśli 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 zaakceptowana. (Kodeks IGF, 16.2.2.4)

### **16.2.3 Próba zginania** (Kodeks IGF, 16.2.3)

**16.2.3.1** Próba zginania może być pominięta jako próba odbiorcza materiału, ale jest ona wymagana w przypadku prób spoin. W przypadku przeprowadzania próby zginania, próba ta powinna być wykonywana zgodnie z uznanymi normami. (Kodeks IGF, 16.2.3.1)

**16.2.3.2** Próby zginania powinny być próbami zginania poprzecznego, które mogą być zginaniem łożyska, grani lub boków spoiny, według uznania Administracji. Zamiast zginania poprzecznego mogą być jednak wymagane próby zginania wzdłużnego, w przypadkach, gdy materiał podstawowy i stopiwo mają różne poziomy wytrzymałości. (Kodeks IGF, 16.2.3.2)

### **16.2.4 Obserwacja zglądu i inne próby**

Administracja może wymagać przeprowadzenia obserwacji makrozglądu i mikrozglądu i prób twardości, które powinny być wykonywane zgodnie z uznanymi normami, jeśli jest to wymagane. (Kodeks IGF, 16.2.4)

## **16.3 Spawanie materiałów metalowych oraz badania nieniszczące systemu magazyrowania paliwa** (Kodeks IGF, 16.3)

### **16.3.1 Postanowienia ogólne**

Niniejszy podrozdział ma zastosowanie wyłącznie do barier pierwotnych i wtórnych, w tym do wewnętrznego kadłuba, jeśli tworzy ona barierę wtórną. Próby odbiorcze zostały określone dla stali węglowej, węglowo-manganowej, stopowej niklu i dla stali nierdzewnej, lecz badania te mogą być zaadoptowane do innych materiałów. Według uznania Administracji, próba udarności złączy spawanych ze stali nierdzewnej i stopów aluminium może zostać pominięta, natomiast inne próby mogą być specjalnie wymagane dla dowolnego materiału. (Kodeks IGF, 16.3.1)

### **16.3.2 Materiały dodatkowe do spawania**

Materiały dodatkowe przeznaczone do spawania zbiorników paliwa gazowego powinny być zgodne z uznanymi normami. W przypadku wszystkich materiałów dodatkowych wymagane są badania materiału stopiwa i spoiny doczołowej. Wyniki uzyskane w próbie rozciągania i próbie udarności Charpy V powinny być zgodne z uznanymi normami. Skład chemiczny stopiwa powinien być odnotowany dla informacji. (Kodeks IGF, 16.3.2)

### **16.3.3 Próby procedur spawania zbiorników paliwa gazowego oraz technologicznych zbiorników ciśnieniowych** (Kodeks IGF, 16.3.1)

**16.3.3.1** Próby procedur spawania zbiorników paliwa gazowego oraz technologicznych zbiorników ciśnieniowych są wymagane dla wszystkich spoin doczołowych. (Kodeks IGF, 16.3.3.1)

#### 16.3.3.2 Zestawy próbne powinny być reprezentatywne dla:

- .1 każdego materiału podstawowego;
- .2 każdego rodzaju materiału dodatkowego i procesu spawania; oraz
- .3 każdej pozycji spawania. (Kodeks IGF, 16.3.3.2)

**16.3.3.3** W przypadku spoin doczołowych blach zestawy próbne należy tak przygotować, aby kierunek walcowania blach był równoległy do kierunku spawania. Zakres grubości zakwalifikowanych przez każdą próbę procedury spawania powinien być zgodny z uznanymi normami. Badania radiologiczne lub ultradźwiękowe mogą być wykonane wg uznania wytwórcy. (Kodeks IGF, 16.3.3.3)

**16.3.3.4** Następujące próby procedury spawania zbiorników paliwa i technologicznych zbiorników ciśnieniowych należy przeprowadzić zgodnie z 16.2 na próbkach wykonanych z każdego zestawu próbnego:

- .1 próby rozciągania w poprzek spoiny;
- .2 próba rozciągania wzdłużnego wszystkich spoin, jeśli wymagają tego uznane normy;
- .3 próby zginania poprzecznego, które mogą dotyczyć lica, grani lub zginania bocznego. Jednak zamiast prób zginania poprzecznego mogą być wymagane próby zginania wzdłużnego w przypadkach, gdy materiał podstawowy i metal spoiny mają różne poziomy wytrzymałości;
- .4 jedna seria trzech prób udarności Charpy V, zasadniczo w każdym z następujących miejsc, jak pokazano 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 badania twardości. (Kodeks IGF, 16.3.3.4)

**16.3.3.5** Każda próba powinna spełniać następujące wymagania:

- .1 próba rozciągania: wytrzymałość na rozciąganie w poprzek spoiny nie powinna być mniejsza niż określona minimalna wytrzymałość na rozciąganie odpowiednich materiałów rodzimych. W przypadku materiałów takich jak stopy aluminium należy uwzględnić postanowienia 6.4.12.1.1.3, w odniesieniu do wymagań dotyczących wytrzymałości spoin niedopasowanych (gdzie metal spoiny ma niższą wytrzymałość na rozciąganie niż metal rodzimy). W każdym przypadku miejsce pęknięcia należy odnotować do wiadomości;
- .2 próba zginania: niedopuszczalne jest jakiegokolwiek pęknięcie po zgięciu o kąt 180° na wzorniku o średnicy równej czterokrotności grubości próbki; oraz
- .3 próba udarności Charpy V: próby należy przeprowadzać w temperaturze przewidzianej dla łączonego materiału podstawowego. Wyniki próby udarności metalu spoiny, przy minimalnej średniej wartości energii (*KV*), powinny być nie mniejsze niż 27 J. Wymagania dotyczące metalu spoiny dla próbek o zmniejszonych wymiarach oraz pojedynczych wartości energii powinny być zgodne z 16.2.2. Wyniki prób udarności w linii wtopienia oraz w strefie wpływu ciepła powinny wykazywać minimalną średnią wartość energii (*KV*) zgodnie z wymaganiami dla próbki odpowiednio poprzecznej lub wzdłużnej materiału podstawowego, w zależności od tego, która ma zastosowanie, 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 pełnowymiarowych lub o zmniejszonych wymiarach, to procedura prób i standardy odbiorcze powinny być zgodne z uznanymi normami. (Kodeks IGF, 16.3.3.5)

**16.3.3.6** Próby procedur spawania pachwinowego powinny być zgodne z uznanymi normami. W takich przypadkach materiały dodatkowe do spawania powinny być tak dobrane, aby wykazywały zadowalające własności udarowe. (Kodeks IGF, 16.3.3.6)

#### **16.3.4 Próby procedur spawania rurociągów**

Należy przeprowadzić próby procedur spawania rurociągów, które powinny być podobne do tych określonych w 16.3.3 dla zbiorników paliwa. (Kodeks IGF, 16.3.4)

#### **16.3.5 Próby produkcyjne spoin** (Kodeks IGF, 16.3.5)

**16.3.5.1** W przypadku wszystkich zbiorników paliwa oraz technologicznych zbiorników ciśnieniowych, z wyjątkiem zbiorników membranowych, próby produkcyjne spoin powinny być zasadniczo przeprowadzane dla każdego około 50 m spoin doczołowych i powinny być reprezentatywne dla każdej pozycji spawania. W przypadku barier wtórnych należy przeprowadzić takie same próby produkcyjne spoin, jak wymagane dla zbiorników podstawowych, z takim wyjątkiem, że liczba prób może być jednak zmniejszona po uzgodnieniu z Administracją. W przypadku zbiorników paliwa lub barier wtórnych mogą być wymagane próby inne niż określone w 16.3.5.2 do 16.3.5.5. (Kodeks IGF, 16.3.5.1)

**16.3.5.2** Próby wykonywania spoin dla zbiorników niezależnych typów A i B powinny obejmować próby zginania oraz, jeśli jest to wymagane dla prób procedur spawania, jeden zestaw trzech prób udarności Charpy V. Próby należy wykonywać dla każdego 50 m spoiny. Próby udarności Charpy V należy wykonywać na próbkach, których karby znajdują się naprzemiennie w środku spoiny i w strefie wpływu ciepła (w najbardziej krytycznym miejscu, biorąc pod uwagę wyniki kwalifikacji technologii spawania). W przypadku austenitycznych stali nierdzewnych wszystkie karby powinny znajdować się w środku spoiny. (Kodeks IGF, 16.3.5.2)

**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 w poprzek spoiny. Próby rozciągania powinny spełniać wymagania zawarte w 16.3.3.5. (Kodeks IGF, 16.3.5.3)

**16.3.5.4** Program zapewnienia jakości/ kontroli jakości (QA/QC) powinien zapewniać stałą jakość produkcyjnych spoin, jak określono w księdze jakości producentów materiałów. (Kodeks IGF, 16.3.5.4)

**16.3.5.5** Wymagania dotyczące prób zbiorników membranowych są takie same jak mające zastosowanie wymagania dotyczące prób wymienionych w 16.3.3. (Kodeks IGF, 16.3.5.5)

#### **16.3.6 Badania nieniszczące** (Kodeks IGF, 16.3.6)

**16.3.6.1** Wszystkie procedury prób oraz standardy odbioru powinny być zgodne z uznanymi normami, chyba że projektant określi wyższy standard, w celu spełnienia założeń projektowych. W celu wykrycia wad wewnętrznych należy zasadniczo stosować badania radiograficzne. Zamiast badań radiograficznych może być przeprowadzona procedura badania ultradźwiękowego, jednak dodatkowo należy przeprowadzić uzupełniające badania radiograficzne w wybranych miejscach w celu zweryfikowania wyników. Należy zachować zapisy dotyczące badań radiograficznych i ultradźwiękowych. (Kodeks IGF, 16.3.6.1)

**16.3.6.2** W przypadku zbiorników niezależnych typu A, których temperatura projektowa jest niższa niż  $-20^{\circ}\text{C}$  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, odpowiedniemu do wykrywania wad wewnętrznych na całej ich długości. Badania ultradźwiękowe zamiast badań radiograficznych mogą być przeprowadzone na tych samych warunkach, jak opisano w 16.3.6.1. (Kodeks IGF, 16.3.6.2)

**16.3.6.3** W każdym przypadku pozostała konstrukcja zbiornika, łącznie ze spoinami usztywnień i innych elementów i zamocowań, powinna zostać zbadana metodą defektoskopii magnetycznej lub przy użyciu penetrantów, jeśli zostanie to uznane za konieczne. (Kodeks IGF, 16.3.6.3)

**16.3.6.4** W przypadku zbiorników niezależnych typu C, zakres badań nieniszczących powinien być całkowity lub częściowy, zgodnie z uznanymi normami, ale badania które należy przeprowadzić, 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 powyżej 10% ich długości;

**.3** pierścienie wzmacniające wokół otworów, króćców, itp. na całej ich długości.

Alternatywnie może być zaakceptowane badanie ultradźwiękowe opisane w 16.3.6.1, jako częściowo zastępujące badanie radiograficzne. Dodatkowo Administracja może wymagać całkowitego badania ultradźwiękowego spawania pierścieni wzmacniających wokół otworów, króćców, itp.

**.2** Częściowe badanie nieniszczące, wymienione w 6.4.15.3.2.1.3:

Badania radiograficzne:

**.1** wszystkie krzyżujące się spoiny doczołowe oraz co najmniej 10% długości spoin doczołowych na całej długości w wybranych miejscach równomiernie rozłożonych.

Badania nieniszczące w celu wykrycia pęknięć powierzchniowych:

**.2** pierścienie wzmacniające wokół otworów, króćców, itp. na całej ich długości.

Badania ultradźwiękowe:

**.3** zgodnie z wymaganiami Administracji w każdym przypadku. (Kodeks IGF, 16.3.6.4)

**16.3.6.5** Program zapewnienia jakości/ kontroli jakości (QA/QC) powinien zapewnić stałą zgodność badań nieniszczących spoin, jak określono w księdze jakości (QM) producenta materiału. (Kodeks IGF, 16.3.6.5)

**16.3.6.6** Kontrolę rurociągów należy przeprowadzać zgodnie z wymaganiami rozdziału 7. (Kodeks IGF, 16.3.6.6)

**16.3.6.7** Bariere wtórną należy poddać badaniom nieniszczącym w celu wykrycia wad wewnętrznych, jak zostanie to uznane za niezbędne. W przypadku, gdy zewnętrzne poszycie kadłuba stanowi część bariery wtórnej, to wszystkie spoiny doczołowe mocnicy burtowej oraz przecięcia spoin doczołowych i połączeń na zakładkę w poszyciu burtowym należy poddać badaniu radiograficznemu. (Kodeks IGF, 16.3.6.7)

## **16.4** Inne wymagania dotyczące konstrukcji z materiałów metalowych (Kodeks IGF, 16.4)

### **16.4.1** Postanowienia ogólne

Kontrola i badania nieniszczące spoin powinny odpowiadać wymaganiom zawartym w 16.3.5 oraz 16.3.6. Jeżeli w projekcie założono wyższe standardy i tolerancje, to należy je również spełnić. (Kodeks IGF, 16.4.1)

### 16.4.2 Zbiorniki niezależne

W przypadku zbiorników typu C oraz typu B zbudowanych głównie z figur obrotowych, tolerancje wykonawcze, takie jak odchyłki od kształtu koła, miejscowe odchylenia od właściwego kształtu, nieliniowość złączy spawanych oraz zukosowanie blach o różnych grubościach, powinny być zgodne z uznanymi normami. Tolerancje powinny odnosić się także do analizy wybozczeniowej, podanej w 6.4.15.2.3.1 oraz 6.4.15.3.3.2. (Kodeks IGF, 16.4.2)

### 16.4.3 Bariery wtórne

Podczas budowy wymagania dotyczące prób oraz kontroli barier wtórnych powinny być zatwierdzone lub zaakceptowane przez Administrację (patrz także 6.4.4.5 oraz 6.4.4.6). (Kodeks IGF, 16.4.3)

### 16.4.4 Zbiorniki membranowe

Program zapewnienia jakości/kontroli jakości (QA/QC) powinien zapewnić stałą zgodność kwalifikacji procedury spawalnia, szczegółów konstrukcyjnych, materiałów, budowy, inspekcji oraz badań produkcyjnych komponentów. Te standardy i procedury powinny być opracowywane na etapie programu prób prototypu. (Kodeks IGF, 16.4.4)

## 16.5 Próby (Kodeks IGF, 16.5)

### 16.5.1 Próby i kontrole w czasie budowy (Kodeks IGF, 16.5.1)

**16.5.1.1** Wszystkie zbiorniki skroplonego paliwa gazowego 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. (Kodeks IGF, 16.5.1.1)

**16.5.1.2** Wszystkie zbiorniki powinny być poddane próbie szczelności, która może być wykonana łącznie z próbą ciśnieniową wymaganą w 16.5.1.1. (Kodeks IGF, 16.5.1.2)

**16.5.1.3** System magazynowania paliwa powinien zostać poddany próbie gazoszczelności w odniesieniu do 6.3.3. (Kodeks IGF, 16.5.1.3)

**16.5.1.4** Wymagania dotyczące kontroli barier wtórnych powinny być każdorazowo określone przez Administrację, po uwzględnieniu dostępności bariery (patrz także 6.4.4). (Kodeks IGF, 16.5.1.4)

**16.5.1.5** Administracja może wymagać, aby w przypadku statków wyposażonych w zbiorniki niezależne 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 tensometry lub inne odpowiednie wyposażenie, w celu potwierdzenia poziomu naprężeń podczas prób wymaganych w 16.5.1.1. Podobne oprzyrządowanie może być wymagane dla zbiorników niezależnych typu C, w zależności od ich konfiguracji i rozmieszczenia podpór i mocowań. (Kodeks IGF, 16.5.1.5)

**16.5.1.6** Ogólne działanie systemu magazynowania paliwa powinno zostać zweryfikowane na zgodność z parametrami projektowymi podczas pierwszego bunkrowania paliwa LNG, po osiągnięciu stabilnych warunków termicznych skroplonego paliwa gazowego, zgodnie z wymaganiami Administracji. Zapisy dotyczące działania podzespołów i wyposażenia, niezbędne do weryfikacji parametrów projektowych powinny być przechowywane na statku i powinny być udostępniane Administracji. (Kodeks IGF, 16.5.1.6)



**16.5.1.7** System magazynowania paliwa powinien być sprawdzony pod kątem występowania zimnych miejsc podczas lub bezpośrednio po pierwszym bunkrowaniu LNG, po osiągnięciu stabilnych warunków termicznych. Kontrola integralności powierzchni izolacji termicznej, której nie można wykonać wzrokowo, powinna zostać przeprowadzona zgodnie z wymaganiami Administracji. (Kodeks IGF, 16.5.1.7)

**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 na wymaganą wydajność cieplną i dystrybucję ciepła. (Kodeks IGF, 16.5.1.8)

### **16.5.2 Zbiorniki niezależne typu A**

Wszystkie zbiorniki niezależne typu A powinny być poddane hydrostatycznej lub hydropneumatycznej próbie ciśnieniowej. Próby te powinny być przeprowadzone w taki sposób, aby wartości naprężeń były zbliżone, na ile to możliwe, do wartości projektowych oraz aby ciśnienie w górnej części zbiornika odpowiadało co najmniej ciśnieniu MARVS. Podczas przeprowadzania próby hydropneumatycznej jej warunki powinny symulować, na ile to możliwe, projektowe obciążenie zbiornika i jego konstrukcji podpierającej, w tym elementów dynamicznych, unikając poziomów naprężeń, które mogłyby spowodować trwałe odkształcenia. (Kodeks IGF, 16.5.2)

### **16.5.3 Zbiorniki niezależne typu B**

Zbiorniki niezależne typu B powinny być poddane hydrostatycznej lub hydropneumatycznej próbie ciśnieniowej w następujący sposób:

- .1** próbę należy przeprowadzić zgodnie z wymaganiami zawartymi w 16.5.2, dla zbiorników niezależnych typu A.
- .2** dodatkowo, maksymalne pierwotne naprężenia membranowe lub maksymalne naprężenia zginające w elementach wiązarów głównych w warunkach próby nie powinno przekraczać 90% granicy plastyczności materiału (w stanie dostawy) w temperaturze próby. Aby warunek ten był spełniony, gdy obliczenia wykażą, że naprężenie to przekracza 75% granicy plastyczności, próba pierwszego z serii identycznych zbiorników powinna być monitorowana za pomocą tensometrów lub innych odpowiednich przyrządów. (Kodeks IGF, 16.5.3)

### **16.5.4 Zbiorniki niezależne typu C oraz inne zbiorniki ciśnieniowe** (Kodeks IGF, 16.5.4)

**16.5.4.1** Każdy zbiornik ciśnieniowy powinien zostać poddany próbie hydrostatycznej przy ciśnieniu mierzonym w górnej części zbiorników, nie mniejszym niż  $1,5P_0$ . W żadnym przypadku podczas próby ciśnieniowej obliczone pierwotne naprężenie membrany w dowolnym punkcie nie może przekraczać 90% granicy plastyczności materiału w temperaturze próby. Aby zapewnić spełnienie tego warunku, gdy obliczenia wykażą, że to naprężenie przekracza 0,75 granicy plastyczności, próba pierwszego z serii identycznych zbiorników powinna być monitorowana przy użyciu tensometrów lub innych odpowiednich przyrządów w zbiornikach ciśnieniowych innych niż proste cylindryczne i kuliste zbiorniki ciśnieniowe. (Kodeks IGF, 16.5.4.1)

**16.5.4.2** Temperatura wody wykorzystywanej do próby powinna być wyższa o co najmniej  $30^{\circ}\text{C}$  od temperatury przejścia materiału w stan zerowej plastyczności w stanie dostawy. (Kodeks IGF, 16.5.4.2)

**16.5.4.3** Ciśnienie powinno być utrzymywane przez 2 godziny na każde 25 mm grubości, ale w żadnym przypadku nie krócej niż 2 godziny. (Kodeks IGF, 16.5.4.3)

**16.5.4.4** Jeśli jest to konieczne, dla zbiorników ciśnieniowych skroplonego paliwa gazowego próba hydropneumatyczna może być przeprowadzona na warunkach określonych w 16.5.4.1 do 16.5.4.3. (Kodeks IGF, 16.5.4.4)

**16.5.4.5** W sposób szczególny można rozważyć próby zbiorników, dla których stosuje się wyższe naprężenia dopuszczalne, w zależności od temperatury użytkowania. Należy jednak w pełni spełnić wymaganie 16.5.4.1. (Kodeks IGF, 16.5.4.5)

**16.5.4.6** Po wykonaniu i zmontowaniu, każdy zbiornik ciśnieniowy oraz jego armatura powinny zostać poddane odpowiedniej próbie szczelności, która może być przeprowadzona łącznie z mającą zastosowanie próbą ciśnieniową, o której mowa w 16.5.4.1 lub 16.5.4.4. (Kodeks IGF, 16.5.4.6)

**16.5.4.7** Próby pneumatyczne zbiorników ciśnieniowych innych niż zbiorniki skroplonego paliwa gazowego powinny podlegać osobnemu rozpatrzeniu dla każdego przypadku. Takie próby są dozwolone tylko w przypadku zbiorników, które zostały zaprojektowane lub podparte w sposób uniemożliwiający ich bezpiecznie napełnienie wodą lub zbiorników, których nie można wysuszyć i które mają być używane tam, gdzie nie można tolerować śladów czynnika próbnego. (Kodeks IGF, 16.5.4.7)

## **16.5.5 Zbiorniki membranowe** (Kodeks IGF, 16.5.5)

### **16.5.5.1 Próby na etapie opracowania projektu** (Kodeks IGF, 16.5.5.1)

**16.5.5.1.1** Próby na etapie opracowania projektu wymagane w 6.4.15.4.1.2 powinny obejmować szereg modeli analitycznych i fizycznych zarówno bariery pierwotnej, jak i wtórnej, z uwzględnieniem naroży i złączy poddanych próbom w celu zweryfikowania, że wytrzymają one zakładane łączne naprężenia wywołane obciążeniami statycznymi, dynamicznymi i termicznymi na wszystkich poziomach napełnienia. Powinno to doprowadzić do zbudowania prototypu modelu kompletnego systemu magazynowania skroplonego paliwa gazowego, wykonanego w skali. Warunki prób rozpatrywane w modelu analitycznym i fizycznym powinny reprezentować najbardziej ekstremalne stany eksploatacyjne, którym system magazynowania skroplonego paliwa gazowego może być poddany w okresie eksploatacji. Proponowane kryteria akceptacji okresowych prób barier wtórnych wymaganych w 6.4.4 mogą być oparte na wynikach prób przeprowadzonych na prototypowym modelu, wykonanym w skali. (Kodeks IGF, 16.5.5.1.1)

**16.5.5.1.2** Wytrzymałość zmęczeniowa materiałów membrany oraz reprezentatywnych połączeń spawanych lub klejonych w membranach powinna być określana w drodze prób. Krańcowa wytrzymałość oraz wytrzymałość zmęczeniowa elementów do mocowania systemu izolacji termicznej do konstrukcji kadłuba powinna być określana w drodze analiz lub prób. (Kodeks IGF, 16.5.5.1.2)

### **16.5.5.2 Próby**

- .1** Na statkach wyposażonych w membranowy system magazynowania skroplonego paliwa gazowego wszystkie zbiorniki oraz inne przestrzenie, które normalnie mogą zawierać ciecz i przylegają do konstrukcji kadłuba podpierającej membranę, powinny być poddane próbie hydrostatycznej.
- .2** Wszystkie konstrukcje ładowni podpierające membranę powinny być poddane próbie szczelności przed zainstalowaniem systemu magazynowania skroplonego paliwa gazowego.
- .3** Tunele rurociągów i inne przedziały, które normalnie nie zawierają cieczy, nie muszą być poddawane próbie hydrostatycznej. (Kodeks IGF, 16.5.5.2)

## **16.6 Spawanie, obróbka cieplna po spawaniu oraz badania nieniszczące** (Kodeks IGF, 16.6)

### **16.6.1 Postanowienia ogólne**

Spawanie należy wykonać zgodnie z wymaganiami zawartymi w 16.3. (Kodeks IGF, 16.6.1)

### **16.6.2 Obróbka cieplna po spawaniu**

Obróbka cieplna po spawaniu jest wymagana dla wszystkich spoin doczołowych rurociągów ze stali węglowych, węglowo-manganowych oraz niskostopowych. Administracja może odstąpić od wymagania dotyczącego odprężania termicznego rur o grubości ścianki mniejszej niż 10 mm w związku z temperaturą projektową i ciśnieniem rozpatrywanego systemu rurociągów. (Kodeks IGF, 16.6.2)

### **16.6.3 Badania nieniszczące**

W uzupełnieniu normalnych kontroli prowadzonych przed i w czasie spawania oraz oględzin gotowych spoin, w celu stwierdzenia czy spawanie wykonano prawidłowo i zgodnie z wymaganiami niniejszego podrozdziału, wymagane są następujące badania:

- .1 100% badanie radiograficzne lub ultradźwiękowe spoin doczołowych rurociągów:
  - .1 o temperaturze projektowej poniżej minus 10°C; lub
  - .2 o ciśnieniu projektowym większym niż 1,0 MPa; lub
  - .3 doprowadzających gaz w przedziałach maszynowych chronionych systemem ESD; lub
  - .4 o średnicach wewnętrznych powyżej 75 mm, lub
  - .5 o grubości ścianki większej niż 10 mm.
- .2 w przypadku, gdy takie spoiny doczołowe odcinków rurociągów wykonywane są przy zastosowaniu procedur spawania automatycznego zatwierdzonych przez Administrację, wówczas można uzgodnić stopniowe zmniejszanie zakresu badań radiograficznych lub ultradźwiękowych, ale w żadnym przypadku nie może być on mniejszy niż 10% długości każdej spoiny. W przypadku wykrycia wad, zakres badania należy zwiększyć do 100% i powinno ono obejmować także kontrolę wcześniej zaakceptowanych spoin. Zatwierdzenie to może zostać udzielone tylko wtedy, gdy dostępne są odpowiednio udokumentowane procedury i zapisy dotyczące zapewnienia jakości, pozwalające na ocenę zdolności producenta do jednolitego wykonywania zadowalających 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 nieobjętych przez 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 spoin rurociągów powinno być poddanych badaniu radiograficznemu lub ultradźwiękowemu. (Kodeks IGF, 16.6.3)

## **16.7 Wymagania dotyczące prób** (Kodeks IGF, 16.7)

### **16.7.1 Próby typu elementów rurociągów** (Kodeks IGF, 16.7.1)

#### **16.7.1.1 Zawory**

Każdy typ elementu rurociągu, przeznaczonego do pracy w temperaturze roboczej poniżej minus 55°C, podlega następującym próbom typu:

- .1 każdy rozmiar i typ zaworu powinien być poddany próbie szczelności gniazda w całym zakresie ciśnień i temperatur roboczych, w odstępach, aż do wartości znamionowego ciśnienia

projektowego zaworu. Dopuszczalne wartości przecieku powinny być zgodne z wymaganiami Administracji. W czasie prób należy zweryfikować poprawne działanie zaworu;

- .2 przepływ lub przepustowość powinna być certyfikowana zgodnie z uznaną normą dla każdego rozmiaru i typu zaworu;
- .3 elementy pracujące pod ciśnieniem powinny być poddane próbie ciśnieniowej co najmniej 1,5 wartości ciśnienia projektowego;
- .4 w przypadku awaryjnych zaworów odcinających, wykonanych z materiałów o temperaturze topnienia niższej niż 925°C, próba typu powinna obejmować próbę ogniową zgodnie z normą co najmniej równoważną normie akceptowanej przez IMO\*.

\* Patrz zalecenia Międzynarodowej Organizacji Normalizacyjnej, w szczególności w publikacjach: ISO 19921:2005, *Statki i technika morska – Odporność ogniowa metalowych elementów rur z uszczelnieniami elastycznymi i elastomerowymi – Metody prób*. ISO 19922:2005, *Statki i technika morska – Odporność ogniowa metalowych elementów rur z uszczelnieniami elastycznymi i elastomerowymi – Wymagania dla stanowiska badawczego*.

### 16.7.1.2 Mieszki kompensacyjne

Każdy rodzaj mieszków kompensacyjnych przeznaczonych do stosowania na rurociągach paliwowych na zewnątrz zbiorników paliwa, akceptowanych w 7.3.6.4.3.1.3 oraz, gdy jest to wymagane przez Administrację, zainstalowanych wewnątrz zbiorników paliwa, podlega następującym próbom typu:

- .1 elementy mieszków, które nie są wstępnie ściśnięte, ale utwierdzone osiowo powinny być poddane próbie ciśnieniowej, ciśnieniem co najmniej 5 razy większym od ciśnienia projektowego i nie ulec rozerwaniu. Czas trwania próby nie może być krótszy niż 5 minut;
- .2 próbę ciśnieniową należy przeprowadzić na typie złącza kompensacyjnego, wraz ze wszystkimi akcesoriami, takimi jak kołnierze, wsporniki, połączenia przegubowe, itp., przy minimalnej temperaturze projektowej i ciśnieniu dwukrotnie wyższym od ciśnienia projektowego, w ekstremalnych warunkach przemieszczenia zalecanych przez producenta, bez trwałego odkształcenia;
- .3 próbę cykliczną (przemieszczenia cieplne) należy przeprowadzić na kompletnym złączu kompensacyjnym, które powinno wytrzymać co najmniej tyle cykli w warunkach ciśnienia, temperatury, przemieszczeń osiowych, skrętnych i poprzecznych, ile wystąpi w rzeczywistej eksploatacji. Dozwolone są próby w temperaturze otoczenia, jeśli są one co najmniej tak wymagające, jak próby w temperaturze eksploatacji;
- .4 cykliczną próbę zmęczeniową (odkształcenia statku, przyspieszenia statku i drgania rurociągów) należy przeprowadzić na kompletnym złączu kompensacyjnym, bez ciśnienia wewnętrznego, przez symulację co najmniej 2 000 000 cykli ruchów mieszka, odpowiadających kompensowanej długości rurociągu, z częstotliwością nie wyższą niż 5 Hz. Próba ta wymagana jest tylko wtedy, gdy ze względu na rozmieszczenie rurociągów rzeczywiście będą występowały obciążenia wywołane odkształceniem statku. (Kodeks IGF, 16.7.2)

### 16.7.2 Próby systemu (Kodeks IGF, 16.7.3)

**16.7.2.1** Wymagania dotyczące prób zawarte w niniejszym podrozdziale mają zastosowanie do rurociągów paliwa wewnątrz i na zewnątrz zbiorników paliwa. Administracja może jednak zaakceptować złagodzenie tych wymagań w przypadku rurociągów wewnątrz zbiorników oraz rurociągów z otwartymi końcami. (Kodeks IGF, 16.7.3.1)

**16.7.2.2** Po zmontowaniu, wszystkie rurociągi paliwa powinny być poddane próbie wytrzymałościowej z użyciem odpowiedniej cieczy. Ciśnienie próbne powinno wynosić co najmniej 1,5 ciśnienia

projektowego dla rurociągów cieczy oraz 1,5 maksymalnego ciśnienia roboczego instalacji dla rurociągów par. Jeśli cała instalacja rurociągów lub jej część zostały całkowicie wyprodukowane i wyposażone w kompletną armaturę, to próbę można przeprowadzić przed zainstalowaniem na statku. Połączenia spawane wykonane na statku powinny być poddane próbie ciśnieniem wynoszącym co najmniej 1,5 ciśnienia projektowego. (Kodeks IGF, 16.7.3.2)

**16.7.2.3** Po zamontowaniu na statku system rurociągów paliwowych powinien zostać poddany próbie szczelności, przy użyciu powietrza lub innego odpowiedniego medium, ciśnieniem odpowiednim do zastosowanej metody wykrywania nieszczelności. (Kodeks IGF, 16.7.3.3)

**16.7.2.4** W systemach rurociągów paliwowych o podwójnych ścianach, zewnętrzna rura lub kanał powinny być także poddane próbie ciśnieniowej, w celu wykazania, że mogą one wytrzymać przewidywane maksymalne ciśnienie w chwili pęknięcia rury wewnętrznej. (Kodeks IGF, 16.7.3.4)

**16.7.2.5** Wszystkie systemy rurociągów, łącznie z zaworami, armaturą oraz związanym wyposażeniem przeznaczonym do obsługi paliwa lub par, powinny być poddane próbom w normalnych warunkach eksploatacyjnych, nie później niż podczas pierwszej operacji bunkrowania, zgodnie z wymaganiami Administracji. (Kodeks IGF, 16.7.3.5)

**16.7.2.6** Zawory awaryjnego odcinania w systemach 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 działania, a czas zamykania powinien być możliwy do zweryfikowania i powinien być powtarzalny. (Kodeks IGF, 16.7.3.6)

**16.7.2.7** Czas zamykania zaworu, o którym mowa w 8.5.8 oraz 15.4.2.2 (tj. czas od zainicjowania sygnału odcięcia do całkowitego zamknięcia zaworu) nie powinien być większy niż:

$$\frac{3600U}{BR} \text{ [s]}$$

gdzie:

$U$  = objętość ulazowa przy poziomie roboczym sygnału [ $m^3$ ];

$BR$  = maksymalna szybkość bunkrowania uzgodniona między statkiem, a źródłem bunkrowania na lądzie [ $m^3/h$ ]; lub  
5 sekund, przyjmując wartość mniejszą.

Szybkość bunkrowania należy dostosować tak, aby ograniczyć uderzenie ciśnienia przy zamykaniu zaworu do akceptowalnego poziomu, mając na uwadze wąż lub ramię bunkrowania, system rurociągów na statku i na lądzie, tam gdzie to ma zastosowanie. (Kodeks IGF, 16.7.3.7)

## 17 WYMAGANIA DLA STATKÓW WYKORZYSTUJĄCYCH WODÓR JAKO PALIWO

### 17.1 Wstęp

**17.1.1** Niniejszy rozdział opracowano na podstawie dokumentu IMO CCC 10/WP.5 Załącznik I *Projekt tymczasowych wytycznych dla statków wykorzystujących wodór jako paliwo*. Postanowienia tego dokumentu oznaczono **niebieską czcionką**, a ich oryginalne numery (tj. te które pochodzą z *Projektu tymczasowych wytycznych*) podano w nawiasach na końcu każdego paragrafu. Postanowienia oznaczone **zieloną czcionką** są jednym z alternatywnych tekstów zaproponowanych w dokumencie IMO, które w chwili obecnej PRS uważa za najwłaściwsze. Tekst PRS podano czarną czcionką.

*Niniejszy Projekt tymczasowych wytycznych* (w dalszej części nazywany *Tymczasowymi wytycznymi*) odzwierciedla podejście oparte na celu (MSC.1/Circ.1394/Rev.2) poprzez określenie celów oraz wymagań funkcjonalnych dla każdego podrozdziału stanowiących podstawę projektowania, budowy oraz eksploatacji statków wykorzystujących wodór jako paliwo. (1.4)

Obecna wersja niniejszych *Tymczasowych wytycznych* zawiera postanowienia mające na celu spełnianie wymagań funkcjonalnych dotyczących zastosowania wodoru jako paliwa. (1.5)

**17.1.2** Niniejsze *Tymczasowe wytyczne* ściśle powiązane z *Międzynarodowym kodeksem bezpieczeństwa statków stosujących paliwo gazowe lub inne paliwa o niskiej temperaturze zapłonu (Kodeks IGF)*, przyjętym Rezolucją MSC.391(95), z poprawkami, w szczególności podrozdział 3 jest w zasadzie powtórzeniem tekstu Rozdziału 3 *Kodeksu IGF*. (1.6)

**17.1.3** Zgodność statku z niniejszym Rozdziałem jest obowiązkowa dla uzyskania dodatkowego znaku **IGF DF H<sub>2</sub>** lub **IGF H<sub>2</sub>** w symbolu klasy. Spełnianie jedynie wybranych postanowień umożliwi nadanie dodatkowego znaku **H<sub>2</sub> READY** zgodnie z 2.1.4.

**17.1.4** Statki wykorzystujące wodorowe ogniwa paliwowe w połączeniu z napędem elektrycznym powinny spełniać postanowienia *Publikacji 37/I – Wytyczne dotyczące bezpieczeństwa statków wykorzystujących instalacje energetyczne ogniów paliwowych*.

### 17.2 Postanowienia ogólne (2)

#### 17.2.1 Zakres zastosowania (2.1)

Jeżeli wyraźnie nie postanowiono inaczej, niniejsze *Tymczasowe wytyczne* mają zastosowanie do statków wykorzystujących skroplony i/lub sprężony wodór jako paliwo, do których ma zastosowanie Część G Rozdziału II-1 Konwencji SOLAS.

#### 17.2.2 Definicje oraz skróty (2.2)

Odwołanie do definicji podanych w 2.2 (*Międzynarodowego kodeksu bezpieczeństwa statków stosujących paliwo gazowe lub inne paliwa o niskiej temperaturze zapłonu (Kodeks IGF)*, przyjętego Rezolucją MSC.391(95), z poprawkami, Część A.2.2). Poniżej podano definicje dodatkowe:

- 1.1 Pomieszczenie odbiornika wodoru** (*Hydrogen consumer space*) oznacza pomieszczenie zawierające przetwornik(-iki) energii wykorzystujący wodór jako paliwo, włącznie z powiązаныmi rurociągami oraz urządzeniami pomocniczymi oraz pomieszczenia z ogniwami paliwowymi, które stanowią indywidualne obudowy ogniów.
- 1.2 Sprężony wodór** (*compressed hydrogen*) oznacza wodór w stanie gazowym magazynowany pod ciśnieniem powyżej ciśnienia atmosferycznego.

**3** *Zimna obudowa (cold box)* – obudowa która oddziela wyposażenie od otoczenia bez potrzeby zaizolowania każdego indywidualnego elementu wewnątrz tej obudowy

### **17.2.3 Projekt alternatywny (2.3)**

**17.2.3.1** Niniejsze *Tymczasowe wytyczne* zawierają wymagania funkcjonalne dotyczące wszystkich urządzeń i układów związanych z wykorzystaniem wodoru jako paliwa. (2.3.1)

**17.2.3.2** Urządzenia oraz układy systemów paliwa wodorowego mogą różnić się od tych, które przedstawiono w niniejszych *Tymczasowych wytycznych*, pod warunkiem, że takie urządzenia i układy spełniają intencję odpowiedniego celu oraz wymagania funkcjonalne oraz zapewniają równoważny właściwym podrozdziałom poziom bezpieczeństwa. (2.3.2)

**17.2.3.3** Równoważność projektu alternatywnego należy wykazać zgodnie z prawidłem II-1/55 Konwencji SOLAS, co powinno być zatwierdzone przez Administrację. Administracja nie może jednak zezwalać na stosowanie metod lub procedur operacyjnych jako alternatywy dla określonego osprzętu, materiałów, urządzeń, aparatów, elementów wyposażenia lub ich typu, który są nakazane przez niniejsze *Tymczasowe wytyczne*. (2.3.3) Patrz także 1.7.

## **17.3 Cel i wymagania funkcjonalne (3)**

### **17.3.1 Cel (3.1)**

Celem niniejszych *Tymczasowych wytycznych* jest zapewnienie bezpiecznej i przyjaznej dla środowiska konstrukcji, budowy oraz eksploatacji statków wykorzystujących wodór jako paliwo, a w szczególności instalowania na nich systemów urządzeń maszynowych napędu, pomocniczych urządzeń prądowców i/lub innych urządzeń maszynowych.

### **17.3.2 Wymagania funkcjonalne (3.2)**

**17.3.2.1** Bezpieczeństwo, pewność oraz niezawodność systemów powinny być równoważne tym osiąganym przez nowe i porównywalne konwencjonalne, główne i pomocnicze urządzenia maszynowe zasilane paliwem olejowym. (3.2.1)

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

**17.3.2.3** Filozofia projektowania powinna zapewnić, że środki ograniczające ryzyko oraz działania funkcji bezpieczeństwa związane z instalacją paliwa wodorowego nie doprowadzą do nieakceptowalnej utraty mocy. (3.2.3)

**17.3.2.4** 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. (3.2.4)

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

**17.3.2.6** Należy zapobiegać niezamierzonemu gromadzeniu się gazu w wybuchowych, palnych lub toksycznych stężeniach. (3.2.6)

**17.3.2.7** Komponenty instalacji powinny być zabezpieczone przed uszkodzeniami zewnętrznymi. (3.2.7)

**17.3.2.8** Należy zminimalizować obecność źródeł zapłonu w obszarach niebezpiecznych, w celu zmniejszenia prawdopodobieństwa wybuchu. (3.2.8)

**17.3.2.9** Należy zapewnić bezpieczne i odpowiednie zasilanie paliwem, oraz jego magazynowanie i bunkrowanie umożliwiające pobieranie i przechowywanie paliwa w wymaganym stanie bez wycieku. Z wyjątkiem gdy jest to niezbędne ze względów bezpieczeństwa, konstrukcja instalacji powinna zapobiegać odpowietrzaniu we wszystkich przyjętych warunkach eksploatacyjnych, włącznie z okresami beczynności. (3.2.9)

**17.3.2.10** Należy przewidzieć instalacje rurociągów, system magazynowania paliwa oraz w urządzenia nadmiarowe odpowiednio zaprojektowane, zbudowane i zainstalowane do ich przewidzianego zastosowania. (3.2.10)

**17.3.2.11** Urządzenia maszynowe, instalacje i ich elementy powinny być tak zaprojektowane, zbudowane, zainstalowane, obsługiwane, utrzymywane i zabezpieczone, aby zapewnić ich bezpieczne i niezawodne działanie. (3.2.11)

**17.3.2.12** System magazynowania paliwa oraz przedziały maszynowe, w których znajdują się źródła potencjalnego wycieku gazu do przedziału, powinny być tak rozplanowane i usytuowane, aby pożar lub wybuch nie doprowadził do nieakceptowalnej utraty mocy lub unieruchomił wyposażenie w innych przedziałach. (3.2.12)

**17.3.2.13** Należy przewidzieć odpowiednie systemy sterowania, alarmowe, monitorowania i wyłączania, w celu zapewnienia bezpiecznego i niezawodnego działania. (3.2.13)

**17.3.2.14** Należy zapewnić stałą instalację wykrywania gazu, odpowiednią do wszystkich rozpatrywanych przestrzeni i obszarów. (3.2.14)

**17.3.2.15** Należy przewidzieć urządzenia służące wykrywaniu pożaru, jego zapobieganiu i gaszeniu, odpowiednie do istniejących zagrożeń. (3.2.15)

**17.3.2.16** Instalacje paliwowe oraz urządzenia wykorzystujące gaz powinny być oddawane do użytku, poddawane próbom i obsłudze technicznej zgodnie z celami w aspekcie bezpieczeństwa, dostępności i niezawodności. (3.2.16)

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

**17.3.2.18** Pojedyncza awaria instalacji technicznej lub jej elementu nie powinna prowadzić do sytuacji niebezpiecznej lub niepewnej. (3.2.18)

**17.3.2.19** Należy przyjąć środki w celu zapobiegania nadmiernym stężeniom tlenu/azotu spowodowanym kondensacją oraz wzbogacaniem w niskich temperaturach. (3.2.19)

## **17.4 Wymagania ogólne** (4)

### **17.4.1 Cel** (4.1)



Celem niniejszego podrozdziału jest zapewnienie prowadzenia niezbędnych ocen związanych z ryzykiem, w celu wyeliminowania lub złagodzenia wszystkich niekorzystnych ich skutków dla osób na statku, środowiska lub samego statku.

#### **17.4.2 Ocena ryzyka (4.2)**

**17.4.2.1** Należy przeprowadzać całościową ocenę ryzyka, aby zapewnić uwzględnienie ryzyk wynikających z wykorzystywania wodoru, oddziałującego na ludzi na statku, środowisko, wytrzymałość konstrukcyjną lub integralność statku. Należy uwzględniać ryzyka związane z fizycznym rozplanowaniem, użytkowaniem i obsługą techniczną, po wystąpieniu możliwej do przewidzenia awarii. (4.2.1)

**17.4.2.2** Ocena ryzyka powinna w sposób szczególny uwzględniać integralność systemu wodowego ze zwróceniem uwagi na jego zdolność zapobiegania oraz izolowania wycieków, a także poddać ocenie potencjalne mechanizmy zapłonu i jego skutki. Należy w sposób szczególny uwzględnić, co najmniej następujące specyficzne zagrożenia i problemy związane z wodorem:

- wycieki;
- utrata funkcjonalności;
- uszkodzenie elementu;
- pożar (włącznie z eskalacją zdarzeń);
- analiza wybuchu;
- właściwości materiałowe odnoszące się do przenikania, temperatur kriogenicznych oraz/lub wysokich ciśnień;
- stacja i proces bunkrowania;
- wykrywanie gazu i pożaru;
- gaszenie pożaru;
- pomieszczenia zamknięte z rurociągami wodorowymi i/lub wyposażeniem (z uwzględnieniem geometrii oraz przeszkód związanych z gromadzeniem się wodoru i zwiększoną turbulencją);
- źródła zapłonu;
- samozapłon;
- systemy sterowania, sygnalizacji alarmowej i bezpieczeństwa;
- konstrukcja masztu odpowietrzającego;
- krotność wentylacji (z uwzględnieniem zagrożeń spowodowanych obiegiem wilgotnego powietrza oraz prawdopodobieństwa wykrycia małych wycieków); oraz
- kondensacja powietrza (ciekły wodór). (4.2.2)

**17.4.2.3** Ryzyka powinny być analizowane przy wykorzystaniu akceptowalnych i uznanych technik analizy ryzyka\*. Analiza powinna zapewnić wyeliminowanie ryzyk, tam gdzie jest to możliwe. Ryzyka, których nie można wyeliminować, należy złagodzić o ile to konieczne. Szczegóły dotyczące ryzyk oraz środki ich złagodzenia powinny być udokumentowane zgodnie z wymaganiami Administracji. (4.2.3)

\* Patrz Załącznik 2 do niniejszej *Publikacji* tj. IACS REC. 146 – *Ocena ryzyka wymagana przez Kodeks IGF*. Należy zauważyć, że REC. 146 zawiera zalecane praktyki oceny ryzyka, ale wykorzystuje do oceny właściwości LNG. Właściwości wodoru przedstawiono na końcu niniejszego rozdziału 17.

#### **17.4.3 Ograniczanie skutków wybuchu (4.3)**

Wybuch w przestrzeni, w której znajduje się potencjalne źródło wycieku\* oraz potencjalne źródła zapłonu nie powinny:

- .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 postępujące zalewanie;
- .3 powodować uszkodzenia miejsc pracy lub pomieszczeń mieszkalnych, którego skutkiem byłoby obrażenia osób przebywających w takich obszarach w normalnych warunkach eksploatacyjnych;
- .4 zakłócać właściwego funkcjonowania posterunków dowodzenia 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 dostęp ludzi do środków ratunkowych lub utrudniać korzystanie z dróg ewakuacji.

\* Rurociągi paliwowe o podwójnych ściankach nie są uważane za potencjalne źródła wycieku.

## 17.5 Konstrukcja i rozplanowanie statku (5)

### 17.5.1 *Cel* (5.1)

Celem niniejszego podrozdziału jest zapewnienie bezpiecznego usytuowania, rozplanowania przestrzennego i mechanicznego zabezpieczenia urządzeń prądotwórczych, systemu przechowywania wodoru, wyposażenia służącego zasilaniu wodorem oraz systemów uzupełniania wodoru.

### 17.5.2 *Wymagania funkcjonalne* (5.2)

**17.5.2.1** Niniejszy podrozdział odnosi się do wymagań funkcjonalnych zawartych w 17.3.2.1 do 17.3.2.3, 17.3.2.5, 17.3.2.6, 17.3.2.8, 17.3.2.12 do 17.3.2.15 oraz 17.3.2.17. W szczególności zastosowanie mają następujące postanowienia:

- .1 zbiornik(-i) paliwa należy umieszczać tak, aby prawdopodobieństwo ich uszkodzenia po zderzeniu lub wejściu na mieliznę było ograniczone do minimum, uwzględniając bezpieczną obsługę statku i inne zagrożenia mogące mieć związek ze statkiem;
- .2 systemy magazynowania paliwa, rurociągi paliwowe i inne źródła wycieku paliwa powinny być tak usytuowane 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 wodoru powinny być tak usytuowane, aby gaz palny lub duszący nie mógł przedostać się do przestrzeni nieprzeznaczonych dla takich gazów;
- .4 rurociągi paliwowe powinny być zabezpieczone przed uszkodzeniami mechanicznymi;
- .5 konstrukcja układu napędowego i instalacji zasilania paliwem powinny być takie, aby działania funkcji bezpieczeństwa podjęte po wycieku gazu nie prowadziły do nieakceptowalnej utraty mocy; oraz
- .6 należy zminimalizować prawdopodobieństwo wybuchu wodoru w przedziale maszynowym, w których znajdują się urządzenia maszynowe zasilane wodorem lub paliwem o niskiej temperaturze zapłonu. (5.2.1)

### 17.5.3 *Postanowienia ogólne* (5.3)

**17.5.3.1** Jeśli wyraźnie nie postanowiono inaczej, mają zastosowanie wymagania Rozdziału 5 niniejszej *Publikacji* (Kodeksu IGF Część A-1). (5.3.1)

#### **17.5.4** *Koncepcja przedziału maszynowego* (5.4)

**17.5.4.1** W uzupełnieniu wymagań 5.4 niniejszej *Publikacji* (Kodeksu IGF), pojedyncza awaria systemów paliwowych nie powinna prowadzić do wycieku gazu do przedziału maszynowego, tj. może być zaakceptowane jedynie rozwiązanie zakładające przedział maszynowy gazobezpieczny, zgodnie z niniejszą *Publikacją* (Kodeksem IGF). (5.4.1)

**17.5.4.2** Wymagania 5.6 niniejszej *Publikacji* (Kodeksu IGF) nie mają zastosowania do statków wykorzystujących wodór jako paliwo. Dopuszczalny jest przedział maszynowy chroniony systemem ESD pod warunkiem, że wymagania odnośnie projektu alternatywnego (SOLAS II-1/55) zostały spełnione zgodnie z wymaganiami Administracji. (5.4.2) Patrz także 1.7.

#### **17.5.5** *Zasady rozplanowania statku* (5.5)

**17.5.5.1** Ogniwa paliwowe powinny być umieszczane zgodnie z *Tymczasowymi wytycznymi dotyczącymi bezpieczeństwa statków wykorzystujących instalacje energetyczne ogniwo paliwowych* (MSC.1/Circ.1647). (5.5.1) Patrz także 17.1.4.

#### **17.5.6** *Postanowienia dotyczące usytuowania i ochrony rurociągów paliwowych* (5.6)

**17.5.6.1** Rurociągi paliwowe nie powinny znajdować się w odległości mniejszej niż 800 mm od burty, włącznie z rufowym końcem statku. (5.6.1)

**17.5.6.2** Rurociągi paliwowe nie powinny być prowadzone bezpośrednio przez pomieszczenia mieszkalne, pomieszczenia służbowe, pomieszczenia z wyposażeniem elektrycznym lub postęrniki dowodzenia, zdefiniowane w Konwencji SOLAS. (5.6.2)

**17.5.6.3** Rurociągi paliwowe prowadzone przez pomieszczenia ro-ro, pomieszczenia kategorii specjalnej oraz na pokładach otwartych powinny być zabezpieczone przed uszkodzeniami mechanicznymi. (5.6.3)

**17.5.6.4** Kriogeniczne powierzchnie zewnętrzne rurociągów wodorowych powinny być chronione przed kontaktem z powietrzem, aby zapobiegać kondensacji azotu lub tlenu. (5.6.4)

**17.5.7** Paragraf celowo pozostawiony pusty.

#### **17.5.8** *Pomieszczenia przygotowania paliwa*

Pomieszczenia przygotowania paliwa powinny spełniać co najmniej wymagania podane w podrozdziale 5.8 niniejszej *Publikacji* (Kodeksu IGF), jeśli nie zostały określone w niniejszym podrozdziale. Wyposażenie pomieszczeń przygotowania paliwa powinno znajdować się na obszarze pokładu otwartego, zapewniającym naturalną wentylację oraz nieutrudnione odprowadzenie wycieków.

W przypadku gdy takie wyposażenie musi być umieszczone w zamkniętym pomieszczeniu lub w pomieszczeniu poniżej pokładu, wówczas takie rozwiązanie powinno podlegać specjalnemu rozpatrzeniu i być zaakceptowane przez Administrację. Zatwierdzenie takich rozwiązań powinno uwzględniać co najmniej:

- Przestrzeń zobojętnianą;
- Dostęp;

- Samozapłon;
- Opóźniony zapłon;
- Kondensację gazu obojętnego w przypadku pojedynczej awarii;
- Ochronę przeciwpożarową;
- Rozładowanie ciśnienia wybuchu. (5.8.2)

#### **17.5.9 *Postanowienia dotyczące instalacji zęzowych*** (5.9)

**17.5.9.1** Instalacje zęzowe zamontowane w obszarach, w których może znajdować się wodór, powinny być oddzielone od instalacji zęzowych pomieszczeń, w których wodór nie może się znajdować. (5.9.1)

**17.5.9.2** W przypadku gdy wodór przewożony jest w systemie magazynowania paliwa wymagającym bariery wtórnej, należy zastosować odpowiedni system usuwania przecieków paliwa do ładowni, przestrzeni międzybarierowych lub izolacyjnych. Instalacja zęzowa nie powinna prowadzić do pomp znajdujących się w pomieszczeniach bezpiecznych. Należy zainstalować urządzenia do wykrywania takich wycieków. (5.9.2)

**17.5.9.3** Instalacje zęzowe dla ładowni paliwowych nie uznawanych za niebezpieczne, ale pozwalających na zubożenie atmosfery powinny być oddzielone od instalacji zęzowych dla innych przestrzeni. (5.9.3)

#### **17.5.10 *Postanowienia dotyczące wanien ściekowych*** (5.10)

**17.5.10.1** Tam gdzie może wystąpić wyciek wodoru lub nastąpić kondensacja powietrza, które mogą powodować uszkodzenie konstrukcji statku lub gdzie niezbędne jest ograniczenie obszaru objętego wyciekami, lub gdzie skroplone powietrze z powodu uwolnienia zimnego gazu może negatywnie oddziaływać na konstrukcje statku, należy zainstalować wanny ściekowe. (5.10.1)

**17.5.10.2** Wanny ściekowe powinny być wykonane z odpowiedniego materiału. (5.10.2)

**17.5.10.3** 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. (5.10.3)

**17.5.10.4** Każda wanna powinna być wyposażona w zawór spustowy w celu umożliwienia odprowadzenia wody deszczowej za burtę statku. (5.10.4)

**17.5.10.5** Każda wanna powinna mieć pojemność oraz pojemność cieplną wystarczającą do przyjęcia maksymalnej ilości wycieku ustalonej zgodnie z analizą ryzyka (patrz 17.4.2). (5.10.5)

#### **17.5.11 *Postanowienia dotyczące rozmieszczenia wejść i innych otworów w pomieszczeniach zamkniętych*** (5.11)

**17.5.11.1** Nie należy zezwalać na umieszczenie bezpośredniego przejścia z obszaru bezpiecznego do obszaru niebezpiecznego. W przypadku gdy takie otwory są niezbędne ze względów eksploatacyjnych, należy zapewnić służbę powietrzną spełniającą wymagania 17.5.12. (5.11.1)

**17.5.11.2** W przypadku gdy zatwierdzono usytuowanie pomieszczenia przygotowania paliwa pod pokładem, pomieszczenie to powinno posiadać, o ile to możliwe, niezależne wejście bezpośrednio z pokładu otwartego. Jeśli osobne wejście z pokładu nie jest możliwe do wykonania, należy zainstalować służbę powietrzną spełniającą wymagania 17.5.12. (5.11.2)

**17.5.11.3** Jeśli wejście do przestrzeni przyłączeniowej zbiornika nie jest niezależne i bezpośrednio z pokładu otwartego, powinno mieć ono postać przykręcanego śrubami włazu. Pomieszczenie z takim przykręcanym włazem będzie klasyfikowane jako pomieszczenie niebezpieczne. (5.11.3)

**17.5.11.4** Jeżeli zatwierdzono przedział maszynowy chroniony systemem ESD i wejście do niego prowadzi z innej przestrzeni zamkniętej na statku, wejście to powinno być wyposażone w śluzę powietrzną spełniającą wymagania 17.5.12. (5.11.4)

**17.5.11.5** Wejścia do przestrzeni zubożnianych powinny być tak rozwiązane, aby zapobiec niezamierzonemu wejściu personelu do nich. W przypadku gdy wejście do takiej przestrzeni nie prowadzi z pokładu otwartego, należy przewidzieć uszczelnienia, aby zapobiec przenikaniu gazu obojętnego do przestrzeni przyległych. (5.11.5)

### **17.5.12** *Postanowienia dotyczące śluz powietrznych* (5.12)

**17.5.12.1** Śluza powietrzna jest to pomieszczenie otoczone przegrodami gazoszczelnymi z dwójgim w zasadzie gazoszczelnymi drzwiami, oddalonych od siebie o co najmniej 1,5 m i nie więcej niż 2,5 m. Jeżeli nie podlega wymaganiom *Międzynarodowej konwencji o liniach ładunkowych*, wysokość progu drzwi nie powinna być mniejsza niż 300 mm. Drzwi powinny być samozamykające się, bez żadnych urządzeń przytrzymujących je w pozycji otwartej. (5.12.1)

**17.5.12.2** Śluzy powietrzne powinny być wentylowane mechanicznie przy utrzymaniu w nich nadciśnienia względem przyległego obszaru lub pomieszczenia niebezpiecznego. (5.12.2)

**17.5.12.3** Śluza powietrzna powinna być zaprojektowana w taki sposób, aby gaz nie mógł przedostać się do przestrzeni bezpiecznych w przypadku najbardziej krytycznego zdarzenia w przestrzeni niebezpiecznej, oddzielonej śluzą. Zdarzenia powinny być ocenione podczas analizy ryzyka, zgodnie z 17.4.2. (5.12.3)

**17.5.12.4** Śluzy powietrzne powinny mieć odpowiedni kształt geometryczny sprzyjający eliminacji zgromadzonego wodoru. (5.12.4)

**17.5.12.5** Śluzy powietrzne powinny zapewniać personelowi swobodne i łatwe przechodzenie oraz mieć powierzchnię podłogi nie mniejszą od 1,5 m<sup>2</sup>. Śluzy powietrzne nie powinny być używane do innych celów, np. jako magazyny. (5.12.5)

**17.5.12.6** Należy zapewnić dźwiękowy i wizualny system alarmowy, ostrzegający po obu stronach śluzy, jeżeli więcej niż jedne drzwi nie będą w pozycji zamkniętej. (5.12.6)

**17.5.12.7** Dla pomieszczeń bezpiecznych mających dostęp do pomieszczeń niebezpiecznych pod pokładem, który to dostęp jest chroniony przez śluzę powietrzną, w przypadku utraty ciśnienia w pomieszczeniu niebezpiecznym dostęp do tego pomieszczenia powinien być ograniczony do czasu przywrócenia działania wentylacji. W miejscu obsadzonym wachtą powinny być aktywowane alarmy dźwiękowe i wizualne, wskazujące zarówno utratę ciśnienia, jak i otwarcie drzwi śluzy w przypadku utraty ciśnienia. (5.12.7)

**17.5.12.8** Podstawowe wyposażenie wymagane ze względów bezpieczeństwa nie powinno być odłączane od zasilania i powinno być certyfikowane jako typu bezpiecznego. Może ono obejmować oświetlenie, wykrywanie pożaru, nagłośnienie, systemy alarmu ogólnego. (5.12.8)

### **17.5.13** *Rozwiązania dotyczące magazynowania sprężonego i ciekłego wodoru* (5.13)

**17.5.13.1** Wodór nie powinien być magazynowany w pomieszczeniach zamkniętych. (5.13.1)

**17.5.13.2** Niezależnie od postanowień 17.5.13.1, magazynowanie wodoru może być dozwolone w pomieszczeniach zamkniętych po specjalnym rozpatrzeniu i zatwierdzeniu przez Administrację. Środki służące magazynowaniu sprężonego wodoru powinny obejmować:

- .1 zapewnienie odpowiedniej wentylacji w każdym pomieszczeniu, w którym umieszczono zbiorniki magazynowania sprężonego wodoru, w celu uniknięcia stężeń palnych wynikających z przenikania wodoru;
- .2 zapewnienie odpowiednich środków do wykrywania i ograniczania pożaru w pomieszczeniach zamkniętych, w których umieszczono zbiorniki magazynowania sprężonego wodoru; (5.13.2)

**17.5.13.3** Jako alternatywę dla 17.5.13.2.1 oraz 17.5.13.2.2, można przewidzieć odpowiednie zubożnianie i monitoring dla każdego pomieszczenia zawierającego zbiorniki magazynowania sprężonego wodoru ze względu na gromadzenie się wodoru wynikające z przenikania.. (5.13.3)

**17.5.13.4** Rozmieszczenie na statku systemów magazynowania paliwa wodorowego powinno być rozpatrywane w ocenie ryzyka, jak podano w 17.4.2, co może prowadzić do wprowadzenia do ogólnego projektu statku dodatkowych środków bezpieczeństwa. (5.13.4)

## **17.6 System magazynowania paliwa (6)**

### **17.6.1 Cel (6.1)**

Celem niniejszego podrozdziału jest zapewnienie właściwego magazynowania wodoru, tak aby zminimalizować ryzyko dla personelu, statku oraz środowiska do poziomu , który jest równoważny statkowi zasilanemu konwencjonalnym paliwem olejowym.

### **17.6.2 Wymagania funkcjonalne (6.2)**

Niniejszy podrozdział odnosi się do wymagań funkcjonalnych zawartych w 17.3.2.1, 17.3.2.2, 17.3.2.5 oraz 17.3.2.8 do 17.3.2.17.

W szczególności zastosowanie mają poniższe postanowienia:

- .1 system magazynowania paliwa powinien być tak zaprojektowany, 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 tworzenie się lodu z wilgoci w powietrzu;
  - .2 tworzenie się zmrożonego lub skroplonego powietrza;
  - .3 narażenie materiałów statku na temperatury niższe od dopuszczalnych wartości;
  - .4 wycieki paliwa tworzące atmosferę palną lub wybuchową;
  - .5 ryzyko niedoboru tlenu ze względu na obecność paliwa i gazów obojętnych;
  - .6 przedostawanie się paliw palnych do miejsc, gdzie znajdują się źródła zapłonu;
  - .7 ograniczenie dostępu do miejsc zbiórek, dróg ewakuacji oraz środków ratunkowych (LSA); oraz
  - .8 zmniejszenie dostępności LSA..
- .2 ciśnienie i temperatura w zbiorniku paliwowym powinny być utrzymywane w przedziale projektowym systemu magazynowania i zgodnie z ewentualnymi wymaganiami dotyczącymi przewozu paliwa;
- .3 układ magazynowania paliwa powinien być tak zaprojektowany, aby zapobiec nieakceptowalnej utracie mocy w wyniku działań funkcji bezpieczeństwa po wycieku gazu; oraz

- .4 w przypadku gdy do magazynowania paliwa wykorzystuje się zbiorniki przenośne, konstrukcja systemu magazynowania paliwa powinna być równoważna tej jaką mają zbiorniki stałe, jak opisano w niniejszym podrozdziale.

### **17.6.3 Postanowienia ogólne dla systemów magazynowania paliwa (6.3)**

**17.6.3.1** Jeśli wyraźnie nie postanowiono inaczej, wymagania podrozdziału 17.6.3 niniejszej *Publikacji* (Kodeksu IGF) powinny mieć zastosowanie do statków wykorzystujących wodór jako paliwo. (6.3.1)

**17.6.3.2** Zbiorniki magazynowania wodoru, włącznie z powiązаныmi przestrzeniami przyłączeniowymi zbiornika, jeśli zostały zainstalowane, powinny być umieszczone na pokładzie otwartym, w rejonie gdzie zapewniona jest wentylacja naturalna oraz niezakłócone usuwanie wycieków. (6.3.2)

**17.6.3.3** W uzupełnieniu postanowień 6.3.12 niniejszej *Publikacji* (Kodeksu IGF), należy ustanowić odpowiednią procedurę dotyczącą podgrzewania, przedmuchiwania gazem obojętnym, odgazowania, przedmuchiwania wodorem oraz wstępnego chłodzenia. Procedura ta powinna obejmować co najmniej:

- .1 dobór gazu obojętnego w odniesieniu do ograniczeń temperaturowych;
- .2 pomiar stężenia gazu;
- .3 pomiar temperatury;
- .4 dawkowanie gazów;
- .5 warunki dotyczące rozpoczynania, zawieszania, wznowiania oraz kończenia każdej operacji;
- .6 obróbka gazów powrotnych; oraz
- .7 usuwanie gazów. (6.3.3)

### **17.6.4 Postanowienia dotyczące magazynowania skroplonego paliwa gazowego (6.4)**

**17.6.4.1** Jeśli wyraźnie nie postanowiono inaczej, wymagania podrozdziału 6.4 niniejszej *Publikacji* (Kodeksu IGF) powinny mieć zastosowanie do statków wykorzystujących wodór jako paliwo. (6.4.1)

**17.6.4.2** Zbiorniki magazynowania skroplonego wodoru, włącznie z powiązаныmi przestrzeniami przyłączeniowymi zbiornika, jeśli zostały zainstalowane, powinny być umieszczone na pokładzie otwartym, w rejonie gdzie zapewniona jest wentylacja naturalna oraz niezakłócone usuwanie wycieków. (6.4.2)

**17.6.4.3** Jeśli takie wyposażenie ma być umieszczone w pomieszczeniu zamkniętym lub półzamkniętym, wówczas to rozwiązanie powinno zapewniać niezakłócone usuwanie wycieków, i podlegać specjalnemu rozpatrzeniu przez Administrację. Zatwierdzenie takich rozwiązań powinno uwzględniać co najmniej następujące specyficzne zagrożenia i zagadnienia związane z wodorem:

- ciśnienie w instalacji wodorowej;
- możliwość zubożenia pomieszczenia;
- kondensacja gazu obojętnego w przypadku wycieku;
- samozapłon;
- opóźniony zapłon;
- zabezpieczenie przeciwpożarowe, włącznie z wykrywaniem pożaru;
- wzbogacanie w tlen;
- rozładowanie ciśnienia wybuchu;

- oddzielenie do innych rejonów statku;
- plany obszarów niebezpiecznych statku;
- wentylacja wymuszona;
- wykrywanie wycieków;
- działania funkcji bezpieczeństwa związane z wyciekami;
- zapobieganie gromadzeniu się skroplonego lub zestalonego powietrza;
- dostęp do rejonu niebezpiecznego z obszarów bezpiecznych przez śluzy powietrzne; oraz
- monitorowanie pomieszczeń za pomocą telewizji przemysłowej (CCTV). (6.4.3)

**17.6.4.4** W uzupełnieniu postanowień 6.4.8 niniejszej *Publikacji* (Kodeksu IGF), zastosowanie mają następujące postanowienia dotyczące izolacji cieplnej: (6.4.4)

**17.6.4.4.1** Jeśli pojedyncze uszkodzenie może spowodować pogorszenie zdolności izolującej, należy przyjąć odpowiednie środki zabezpieczające, uwzględniające to pogorszenie. W przypadku zbiorników z izolacją próżniową, należy określić przepustowość zaworów nadmiarowych ciśnienia oraz powiązanych rurociągów biorąc pod uwagę jednoczesne obciążenie cieplne wskutek pożaru, na podstawie wyniku oceny ryzyka (patrz 17.4.2), oraz utratę izolacji. (6.4.4.1)

**17.6.4.4.2** W przypadku gdy system magazynowania paliwa posiada izolację próżniową, skuteczność izolacji należy poddać ocenie zgodnie z wymaganiami Administracji. (6.4.4.2)

**17.6.4.5** W uzupełnieniu postanowień 6.4.14 niniejszej *Publikacji* (Kodeksu IGF), wszystkie połączenia spawane poszycia zbiorników paliwowych należy wykonywać jako doczołowe z pełnym przetopem, w płaszczyźnie płyt. Jedynie w przypadku połączenia korpusu zbiornika z kopułą można stosować spoiny teowe z pełnym przetopem, w zależności od wyników prób przeprowadzonych przy zatwierdzaniu procedury spawalniczej. (6.4.5)

**17.6.4.6** Rurociąg podłączony do zbiornika powinien być chroniony barierą wtórną do pierwszego zaworu. (6.4.6)

**17.6.5** *Postanowienia dotyczące przenośnych zbiorników skroplonego wodoru* (6.5)

**17.6.5.1** Projekt zbiornika powinien spełniać wymagania 6.4.15.3 niniejszej *Publikacji* (Kodeksu IGF). Konstrukcja wsporcza zbiornika (rama kontenera lub podwozie ciężarówki) powinna być zaprojektowana do przewidzianego przeznaczenia. (6.5.1)

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

- .1 mechaniczne zabezpieczenia zbiorników stosownie do usytuowania i operacji ładunkowych;
- .2 w przypadku umieszczenia na pokładzie otwartym: systemy ochrony przed wyciekami oraz systemy zraszania wodą w celu chłodzenia; oraz
- .3 w przypadku umieszczenia w pomieszczeniu zamkniętym lub półzamkniętym, mają zastosowanie postanowienia 17.6.4.3. W uzupełnieniu wykazu pozycji, które należy rozpatrzyć w celu zatwierdzenia, należy także rozpatrzyć przewody elastyczne oraz przyłącza zbiorników. (6.5.2)

**17.6.5.3** Przenośne zbiorniki paliwa, gdy są podłączone do instalacji na statku, powinny być zamocowane do pokładu. Konstrukcja wsporcza i mocowania zbiorników powinny być zaprojektowane na maksymalne oczekiwane wartości przechyłu statycznego i dynamicznego oraz



maksymalne oczekiwane wartości przyspieszeń, z uwzględnieniem charakterystyk statku i położenia zbiorników. (6.5.3)

**17.6.5.4** Należy zwrócić uwagę na wytrzymałość oraz wpływ przenośnych zbiorników paliwa na stateczność statku. (6.5.4)

**17.6.5.5** Podłączenia do instalacji rurociągów paliwowych statku powinny być wykonane przy użyciu zatwierdzonych przewodów elastycznych lub innych odpowiednich środków zaprojektowanych w celu zapewnienia wystarczającej elastyczności. Przy doborze węży elastycznych należy uwzględniać możliwość ich zastosowania do obsługi wodoru. (6.5.5)

**17.6.5.6** Konstrukcja połączeń na zbiorniku powinna zapewniać możliwość odłączenia na sucho. Jeśli wynika to z oceny ryzyka (patrz 17.4.2), zbiornik powinien być także wyposażony w dodatkowe zrywalne złącze/samouszczelniające szybkorozłączne. Należy przewidzieć środki służące ograniczaniu ilości paliwa rozlanego w przypadku niezamierzonego rozłączenia lub pęknięcia połączeń tymczasowych. (6.5.6)

**17.6.5.7** System rozładowania ciśnienia zbiorników przenośnych powinien być podłączony do stałej instalacji odpowietrzającej. (6.5.7)

**17.6.5.8** Systemy sterowania i monitoringu przenośnych zbiorników paliwowych powinny być zintegrowane ze statkowymi systemami sterowania i monitoringu. Systemy bezpieczeństwa przenośnych zbiorników paliwowych (np. systemy zrywania zaworów na zbiornikach, systemy wykrywania wycieków/gazu) powinny być zintegrowane ze statkowym systemem bezpieczeństwa. (6.5.8)

**17.6.5.9** Należy zapewnić bezpieczny dostęp do przyłączy zbiorników w celu inspekcji i obsługi technicznej. (6.5.9)

**17.6.5.10** Po podłączeniu do instalacji rurociągów paliwowych statku,

- .1 z wyjątkiem systemu rozładowania ciśnienia opisanego w 17.6.5.7, powinna istnieć możliwość odcięcia każdego zbiornika przenośnego w dowolnym czasie;
- .2 odcięcie jednego zbiornika nie może wpływać na dostępność pozostałych zbiorników przenośnych; oraz
- .3 zbiornik nie powinien przekroczyć swoich granic napełnienia podanych w niniejszej *Publikacji* (Kodeksie IGF) podrozdział 6.8. (6.5.10)

**17.6.6** *Postanowienia dotyczące magazynowania wodoru w postaci sprężonej* (6.6)

**17.6.6.1** Konstrukcja zbiorników sprężonego wodoru powinna być zgodna z normą akceptowaną przez Administrację. Zbiorniki z innych materiałów niż stal, na przykład z materiałów kompozytowych lub cylindrycznie oplecione butle, lub zbiorniki zbudowane według innych norm niż normy morskie, powinny być poddane specjalnemu rozpatrzeniu. (6.6.1)

**17.6.6.2** Zbiorniki sprężonego wodoru powinny być wyposażone w odpowiednie zawory nadmiarowe ciśnienia, uwzględniające projekt i konstrukcję zbiornika. (6.6.2)

**17.6.6.3** Należy przewidzieć odpowiednie środki do rozszczelnienia zbiornika w przypadku pożaru, który może go objąć. Mogą one obejmować uruchamiane przez wzrost temperatury systemy bezpieczeństwa służące rozładowaniu ciśnienia, takie jak termiczne urządzenia nadmiarowe ciśnienia. Przepustowość oraz powierzchnia przekroju urządzeń bezpieczeństwa powinna być projektowana oraz obliczana tak, aby zapewniona była nominalna przepustowość. (6.6.3)

**17.6.6.4** Zbiorniki magazynowania sprężonego wodoru, włącznie z powiązаныmi przestrzeniami przyłączeniowymi zbiorników, jeśli zostały zainstalowane, powinny znajdować się na pokładzie otwartym, w rejonie gdzie zapewniona jest wentylacja naturalna oraz niezakłócone usuwanie wycieków. (6.6.4)

**17.6.6.5** Jeśli takie wyposażenie ma być umieszczone w pomieszczeniu zamkniętym lub półzamkniętym, wówczas to rozwiązanie powinno zapewniać niezakłócone usuwanie wycieków i podlegać specjalnemu rozpatrzeniu przez Administrację. Zatwierdzenie takich rozwiązań powinno uwzględniać co najmniej następujące specyficzne zagrożenia i zagadnienia związane z wodorem:

- ciśnienie w instalacji wodorowej;
- zubożnianie pomieszczenia;
- przenikanie wodoru do pomieszczenia
- samozapłon;
- opóźniony zapłon;
- zabezpieczenie przeciwpożarowe, włącznie z wykrywaniem pożaru;
- zapobieganie pożarom strumieniowym;
- rozładowanie ciśnienia wybuchu;
- oddzielenie od innych rejonów statku;
- plany obszarów niebezpiecznych statku;
- wykrywanie wycieków;
- działania funkcji bezpieczeństwa związane z wyciekami;
- dostęp do pomieszczenia. (6.6.5)

#### **17.6.6.5.1** *Instalacja odpowietrzająca zbiornika sprężonego wodoru* (6.6.4)

Podczas operacji odgazowywania i bunkrowania powinno być dopuszczone uwalnianie mieszanin wodoru z gazem obojętnym o bezpiecznym składzie i zawartości powietrza mniejszej niż 2% objętościowo.

**17.6.6.5.1.1** Wylot urządzenia upustowego bezpieczeństwa zbiornika paliwowego powinien być podłączony do instalacji odpowietrzającej paliwa gazowego statku, a wylot z instalacji odpowietrzającej powinien być:

- .1 tak skonstruowany, aby wyrzut nie był utrudniony oraz był skierowany na wylocie pionowo w górę;
- .2 tak umieszczony aby zminimalizować możliwość przedostawania się wody lub śniegu do instalacji odpowietrzającej;
- .3 zaopatrzony w odpowiednie urządzenie zapobiegające przenikaniu płomienia, certyfikowane zgodnie z IMO MSC/Circ. 677, ze zmianami;
- .4 tak umieszczony, aby wysokość wylotu odpowietrzenia była zwykle nie mniejsza niż  $B/3$  lub 6 m powyżej pokładu odsłoniętego przyjmując większą wartość i 6 m powyżej obszarów roboczych i przejść. Wysokość masztu odpowietrzającego może jednak zostać ograniczona do mniejszej wartości, stosownie do specjalnego rozpatrzenia przez Administrację; oraz
- .5 umieszczony co najmniej 10 m od najbliższego wlotu powietrza znajdującego się na podobnej wysokości lub powyżej, wylotu powietrza lub otworu wejściowego do pomieszczeń mieszkalnych, służbowych i sterowania lub wylotu spalin z instalacji maszynowych;
- .6 na masowcach wylot z upustu systemu bezpieczeństwa zbiornika paliwowego powinien być umieszczony w bezpiecznej odległości od obszarów ładunków masowych. (6.6.4.1)

**17.6.6.5.1.2** Instalacja odpowietrzająca paliwa gazowego powinna być niezależna od tych obsługujących pomieszczenia mieszkalne, służbowe oraz sterowania i kontroli lub inne obszary bezpieczne. (6.6.4.2)

**17.6.6.5.1.3** Wszystkie rurociągi odpowietrzające powinny być tak zaprojektowane i umieszczone tak, aby nie zostały uszkodzone wskutek zmian temperatury, na które mogą być narażone, oraz sił spowodowanych przepływem lub ruchami statku. (6.6.4.3)

### **17.6.7** *Postanowienia dotyczące systemów rozładowania ciśnienia* (6.7)

**17.6.7.1** O ile wyraźnie nie postanowiono inaczej, wymagania podrozdziału 6.7 niniejszej *Publikacji* (Kodeksu IGF) mają zastosowanie do statków wykorzystujących wodór jako paliwo. (6.7.1)

**17.6.7.2** Wymagania dotyczące wysokości masztu i odległości dla odpowietrzeń zbiorników sprężonego i skroplonego wodoru, powinny być traktowane jako wartości minimalne, które należy potwierdzić za pomocą analizy CFD (obliczeniowej dynamiki płynów). (6.7.2)

**17.6.7.3** Ciśnienie projektowe masztu odpowietrzającego powinno być nie mniejsze niż 20 bar. (6.7.3)

**17.6.7.4** Maszty odpowietrzające systemu magazynowania skroplonego wodoru powinny być tak wykonane, aby zapobiegać gromadzeniu się skroplonych gazów składowych powietrza w przewodach odpowietrzających lub na nich. (6.7.4)

**17.6.7.5** Maszt odpowietrzający powinien być tak zaprojektowany, aby zminimalizować ryzyko samozapłonu w rurociągu odpowietrzającym. (6.7.5)

**17.6.7.6** Wyloty z systemu rozładowania ciśnienia/masztów odpowietrzających powinny być tak rozmieszczone, aby bezpiecznie rozpraszać wszelki uwolniony gaz w celu zapobieżenia zapłonowi. Jeżeli zapłonu gazu nie można wykluczyć, jego konsekwencje powinny być oszacowane (tj. radiacja ciepła i uderzenie płomienia) pod warunkiem specjalnego rozpatrzenia i akceptacji przez Administrację. (6.7.6)

**17.6.7.7** Maszty odpowietrzające nie powinny być wyposażane w urządzenia zatrzymujące płomień, jednakże należy zapewnić zabezpieczenie przed przedostaniem się obcych obiektów. (6.7.7)

**17.6.7.8** Należy rozważyć inne wyloty prowadzące z powrotem do zbiorników skroplonego gazu. (6.7.8)

**17.6.7.9** Każdy zawór nadmiarowy systemu magazynowania skroplonego paliwa powinien być zaprojektowany na 100% wydajności, a wielkości rurociągów rozładujących powinny być dobrane do równoczesnego odprowadzanie ze wszystkich podłączonych zbiorników. (6.7.9)

**17.6.7.10** Każda butla sprężonego wodoru powinna być wyposażona w indywidualny zwór nadmiarowy ciśnienia i być podłączona do masztu odpowietrzającego. Dodatkowo należy zapewnić spust sterowany w oparciu o systemy wykrywania ciepła oraz ręcznie z bezpiecznego miejsca. Jeżeli butle są wystarczająco chronione przed wpływem ciepła i nadciśnieniem, zapewnienie spustu może być przedmiotem specjalnego rozpatrzenia i akceptacji przez Administrację. (6.7.10)

**17.6.7.11** Na dodatkowych osłonach kanałów prowadzących do masztu odpowietrzającego należy przewidzieć bezpieczniki płytkowe. (6.7.11)

**17.6.8 Postanowienia dotyczące granicy załadunku zbiorników skroplonego wodoru (6.8)**

**17.6.8.1** Postanowienia podrozdziału 6.8 niniejszej *Publikacji* (Kodeksu IGF) powinny być stosowane do zbiorników skroplonego wodoru. (6.8.1)

**17.6.8.2** Zbiorniki magazynowe skroplonego wodoru nie powinny być napełniane bardziej niż do 98 % pełnej objętości przy temperaturze odniesienia. (6.8.2)

**17.6.9 Postanowienia dotyczące utrzymywania warunków magazynowania paliwa (6.9)**

**17.6.9.1** Zbiorniki skroplonego paliwa gazowego powinny być zaprojektowane zgodnie z **mającymi zastosowanie częściami** 6.9 niniejszej *Publikacji* (Kodeksu IGF). (6.9.1)

**17.6.10 Postanowienia dotyczące kontroli atmosfery w obrębie systemu magazynowania paliwa (6.10)**

**17.6.10.1** Zastosowanie mają postanowienia podrozdziału 6.10 niniejszej *Publikacji* (Kodeksu IGF). (6.10.1)

**17.6.10.2** **System powinien być tak wykonany, aby unikać wykrapłania się lub zestalania gazu obojętnego w systemie podczas jego schładzania i napełniania paliwem.** (6.10.2)

**17.6.10.3** **Wszystkie punkty poboru próbek gazu muszą być konstrukcji spawanej łącznie z podwójną blokadą na rurociągach i zbiornikach.** (6.10.3)

**17.6.11 Postanowienia dotyczące kontroli atmosfery w obrębie przestrzeni magazynowej paliwa (systemy magazynowania paliwa inne niż zbiorniki niezależne typu C) (6.11)**

**17.6.11.1** Zastosowanie mają postanowienia podrozdziału 6.11 niniejszej *Publikacji* (Kodeksu IGF). (6.11.1)

**17.6.12 Postanowienia dotyczące kontroli środowiska przestrzeni otaczających zbiorniki niezależne typu C (6.12)**

**17.6.12.1** Przestrzenie otaczające zbiorniki wodoru powinny być wypełnione odpowiednim suchym powietrzem, **azotem lub helem** i utrzymywane w tym stanie przy wykorzystaniu suchego powietrza dostarczanego przez odpowiednie urządzenia służące do jego osuszania. Dotyczy to tylko zbiorników skroplonego wodoru, gdzie występuje skraplanie i oblodzenie ze względu na zimne powierzchnie. Temperatura zewnętrznej powierzchni zbiornika Typu C nie powinna być niższa niż  $-182\text{ °C}$  w przypadku suchego powietrza lub  $-196\text{ °C}$  w przypadku stosowania azotu. Wpływ/konsekwencje utraty izolacji próżniowej na atmosferę przestrzeni magazynowej paliwa (dla zbiorników wyposażonych w izolację próżniową) powinien być oszacowany w ramach holistycznej analizy ryzyka wymaganej w 4.2.2. (6.12.1)

**17.6.12.2** Przestrzenie otaczające zbiorniki wodoru powinny mieć taką konfigurację, aby wytrzymać potencjalne skutki utraty próżni, takie jak:

- powstanie ciekłego tlenu
- wzbogacenie w tlen
- uruchomienie alarmów próżni i mechanizmów nadmiarowych w przypadku gwałtownego spadku próżni w barierze wtórnej LH2 (ciekłego wodoru) (płaszcz próżniowy lub naruszenie bariery izolującej opary) (6.12.2)

**17.6.13 Postanowienia dotyczące zubożniania (6.13)**

**17.6.13.1** Zastosowanie mają postanowienia podrozdziału 6.13 niniejszych *Przepisów* (Kodeksu IGF). (6.13.1)

**17.6.13.2** Dodatkowo, gazy przedmuchujące powinny być odpowiednie do temperatur roboczych systemu, biorąc pod uwagę temperaturę wrzenia gazu przedmuchującego. (6.13.2)

**17.6.13.3** Należy przewidzieć rozwiązania do monitorowania atmosfery wewnątrz rurociągów, zbiorników, wyposażenia i komponentów systemu paliwowego przewidzianych do przedmuchiwania, w celu potwierdzenia skuteczności przedmuchiwania. (6.13.3)

**17.6.14** *Postanowienia dotyczące wytwarzania i magazynowania gazu obojętnego na statku* (6.14)

**17.6.14.1** O ile wyraźnie nie postanowiono inaczej, zastosowanie mają postanowienia podrozdziału 6.14 niniejszych *Przepisów* (Kodeksu IGF). (6.14.1)

**17.6.14.2** Zamiast postanowień 6.14.1 niniejszych *Przepisów* (Kodeksu IGF) zastosowanie mają następujące postanowienia: Wyposażenie 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)

**17.6.14.3** W uzupełnieniu postanowień 6.14 niniejszych *Przepisów* (Kodeksu IGF) zasilanie gazem obojętnym do zubożniania dodatkowej osłony wodoru, powinno mieć redundancję i wystarczającą wydajność, a system powinien monitorować i ostrzegać w przypadku nadmiernego zanieczyszczenia wodorem.

W przypadku dodatkowej osłony wysokociśnieniowych instalacji wodoru, wydajność instalacji gazu obojętnego powinna być odpowiednia do przedmuchu po wysokociśnieniowym wycieku i następującej po nim utracie integralności systemu magazynowania (np. pęknięcie bezpiecznika płytkowego). (6.14.3)

**17.6.15** *Postanowienia dotyczące przenośnych zbiorników sprężonego wodoru* (6.15)

**17.6.15.1** Projekt zbiornika powinien być zgodny z 17.6.6. Konstrukcja wsporcza zbiornika (rama kontenera lub podwozie ciężarówki) powinna być zaprojektowana do przewidzianego przeznaczenia. (6.15.1)

**17.6.15.2** Przenośne zbiorniki paliwa powinny być umieszczone w przeznaczonych do tego regionach wyposażonych w:

- .1 mechaniczne zabezpieczenia zbiorników stosownie do usytuowania i operacji ładunkowych;
- .2 w przypadku umieszczenia na pokładzie otwartym: systemy zraszania wodą w celu chłodzenia; oraz
- .3 w przypadku umieszczenia w pomieszczeniu zamkniętym: przestrzeń ta powinna być traktowana jako przestrzeń przyłączeniowa zbiornika. (6.15.2)

**17.6.15.3** Przenośne zbiorniki paliwa, gdy są podłączone do instalacji na statku, powinny być zamocowane do pokładu. Konstrukcja wsporcza i mocowania zbiorników powinny być zaprojektowane na maksymalne oczekiwane wartości przechyłu statycznego i dynamicznego oraz

maksymalne oczekiwane wartości przyspieszeń, z uwzględnieniem charakterystyk statku i położenia zbiorników. (6.15.3)

**17.6.15.4** Należy zwrócić uwagę na wytrzymałość oraz wpływ przenośnych zbiorników paliwa na stateczność statku. (6.15.4)

**17.6.15.5** Podłączenia do instalacji rurociągów paliwowych statku powinny być wykonane przy użyciu zatwierdzonych przewodów elastycznych lub innych odpowiednich środków zaprojektowanych w celu zapewnienia wystarczającej elastyczności. (6.15.5)

**17.6.15.6** Należy przewidzieć rozwiązania w celu ograniczenia ilości wycieku paliwa w przypadku niezamierzonego rozłączenia lub zerwania połączeń niestałych. (6.15.6)

**17.6.15.7** System rozładowania ciśnienia przenośnych zbiorników powinien być podłączony do stałej instalacji odpowietrzającej. (6.15.7)

**17.6.15.8** Systemy sterowania i monitoringu dla przenośnych zbiorników paliwa powinien być zintegrowany ze statkowym systemem sterowania i monitoringu. System bezpieczeństwa dla przenośnych zbiorników paliwa powinien być zintegrowany ze statkowym systemem bezpieczeństwa (np. systemy zrywania zaworów na zbiornikach, systemy wykrywania wycieków/gazu). (6.15.8)

**17.6.15.9** Należy zapewnić bezpieczny dostęp do przyłączy zbiorników w celu inspekcji i obsługi technicznej. (6.15.9)

**17.6.15.10** Po podłączeniu do instalacji rurociągów paliwowych statku,

- .1 z wyjątkiem instalacji odpowietrzającej opisanej w 17.6.6.4, powinna istnieć możliwość odcięcia każdego zbiornika przenośnego w dowolnym czasie;
- .2 odcięcie jednego zbiornika nie może wpływać na dostępność pozostałych zbiorników przenośnych. (6.15.10)

## 17.7 Materiały i ogólne postanowienia dotyczące projektowania rurociągów (7)

### 17.7.1 Cel (7.1)

Celem niniejszego podrozdziału jest zapewnienie bezpiecznego postępowania z paliwem we wszystkich warunkach eksploatacji, aby zminimalizować ryzyko dla statku, personelu i środowiska mając na uwadze charakter produktów, których to dotyczy.

### 17.7.2 Wymagania funkcjonalne (7.2)

Należy uwzględnić rozdział 7 niniejszej *Publikacji* (Kodeksu IGF).

**17.7.2.1** Niniejszy podrozdział odnosi się do wymagań funkcjonalnych zawartych w 17.3.2.1, 17.3.2.5, 17.3.2.6, 17.3.2.8, 17.3.2.9 oraz 17.3.2.10. W szczególności zastosowanie mają poniższe postanowienia: (7.2.1)

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

**17.7.2.1.2** Należy przewidzieć zabezpieczenia rurociągu, instalacji rurociągu i jej komponentów oraz zbiorników paliwowych przed nadmiernymi naprężeniami wywołanymi przemieszczeniami termicznymi oraz ruchami zbiorników i konstrukcji kadłuba. (7.2.1.2)

**17.7.2.1.3** Należy przewidzieć rozwiązania służące zminimalizowaniu prawdopodobieństwa oraz rozmiarów wycieku z instalacji rurociągów. (7.2.1.3)

**17.7.2.1.4** Rurociągi 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. (7.2.1.4)

**17.7.2.1.5** Materiały stosowane we wszystkich komponentach mających kontakt z wodorem powinny być odporne na takie co najmniej zjawiska jak kruche pękanie wywołane wodorem, przenikanie wodoru oraz uderzenie wodoru. (7.2.1.5)

### **17.7.3** *Postanowienia ogólne* (7.3)

**17.7.3.1** Materiały, które mają być zastosowane w instalacjach wodorowych powinny być odpowiednie do tego medium oraz przeznaczenia instalacji. Należy to wykazać przez dobór materiałów zgodnie z 17.7.3.2 do 17.7.3.5, zgodnie z uznaną normą określającą przydatność danego materiału do medium i przeznaczenia instalacji lub odpowiednie próby kwalifikacyjne, jak podano niżej: (7.3.1)

**17.7.3.2** Zakres prób kwalifikacyjnych materiału powinien być akceptowalny dla Administracji. Próby związane z kwalifikacją materiałów metalowych powinny dotyczyć:

1. pogorszenia się właściwości materiału ze względu na oddziaływanie wodoru, przy czym pogorszenie spodziewane jest ze wzrostem temperatury i ciśnienia
2. pogorszenia się właściwości materiału ze względu na temperatury kriogeniczne, przy czym pogorszenie spodziewane jest ze spadkiem temperatury
3. skutków połączenia obu powyższych oddziaływań<sup>1</sup>. (7.3.2)

<sup>1</sup> Patrz Wrażliwość materiałów na kruche pękanie wywołane działaniem wodoru przy 10 000 psi oraz 72°F (~22°C) w ANSI/AIAA G-095-2004 *Guide to Safety of Hydrogen and Hydrogen Systems*.

**17.7.3.3** Należy rozpatrywać takie typowe właściwości jak: granica plastyczności, wytrzymałość na rozciąganie, ciągliwość, odporność na pękanie, własności zmęczeniowe, kruche pękanie wywołane działaniem wodoru, przenikanie wodoru, odporność korozyjna (jeśli właściwe) oraz współczynnik rozszerzalności cieplnej. (7.3.3)

**17.7.3.4** Jeśli materiały mają być poddane dalszej obróbce/prefabrykacji poprzez kształtowanie lub spawanie, należy rozpatrywać wpływ obróbki na odpowiednie właściwości. (7.3.4)

**17.7.3.5** Rurociągi paliwowe powinny być z rur stalowych bez szwów wytwarzanych z nierdzewnej stali austenitycznej. Materiały stosowane na rurociągi o ciśnieniu projektowym co najmniej 20 MPa powinny być wytwarzane, na przykład, ze stali nierdzewnej S31603 lub S31608. (7.3.6)

**17.7.3.6** Podczas projektowania i zatwierdzania należy uwzględnić następujące scenariusze wycieków: (7.3.7)

Komponent	Wielkość wycieku, który należy uwzględnić
Rura	$0,01D^2$ [mm <sup>2</sup> ] dla $D \leq 100$ mm, 100 mm <sup>2</sup> dla $D > 100$ mm
Kołnierz	Wydmuchanie uszczelki: $\pi \cdot D \cdot t / 4$
Zawór	Awaria pokrywy, jeżeli do zamocowania są stosowane śruby: powierzchnia pokrywy = $\pi \cdot D_B \cdot t / 4$ Kołnierze zaworu należy uwzględnić jak kołnierze (patrz powyżej)
Przewód elastyczny	Pęknięcie na całym przekroju: $\pi \cdot D^2 / 4$

Połączenia rurociągów i złączki gwintowane	Pęknięcie na całym przekroju: $\pi \cdot D^2 / 4$
$D$ = średnica rury, $t$ = grubość uszczelki, $D_B$ = średnica wypływu przez pokrywę	

#### 17.7.4 **Materiały metalowe** (7.4)

**17.7.4.1** Materiały metalowe stosowane w instalacjach wodorowych powinny być odpowiednie do ich zamierzonego zastosowania<sup>2</sup>. **Odnośnie materiałów dodatkowych do spawania patrz 17.7.9.3.** (7.4.1)

<sup>2</sup> Patrz właściwe Wytyczne NASA lub AIAA, jeśli istnieją.

**17.7.4.2** Akceptowalnym materiałem służącym do budowy instalacji skroplonego wodoru powinien być metal bazowy platerów stosowanych do budowy zbiorników na wodór. Grubość warstwy plateru lub okładziny nie powinna być uwzględniana w grubości wykorzystywanej do obliczeń ciśnieniowych. (7.4.2)

**17.7.4.3** Przyjmowane naprężenia dopuszczalne powinny być takie jak dla metalu bazowego w temperaturze projektowej. (7.4.3)

#### 17.7.5 **Materiały niemetalowe** (7.5)

Materiały niemetalowe stosowane w instalacjach wodorowych powinny być odpowiednie do ich zamierzonego zastosowania<sup>3</sup>. Przy doborze materiałów kompozytowych należy uwzględnić współczynniki rozszerzalności cieplnej (CTE) oraz przenikania wodoru. Właściwości ognioodporności powinny być uwzględniane w przypadku stosowania uszczelki, szczeliw oraz innych elementów uszczelniających (np. przekładek dystansowych).

<sup>3</sup> Patrz właściwe Wytyczne NASA lub AIAA, jeśli istnieją.

### 17.8 **Bunkrowanie** (8)

#### 17.8.1 **Cel** (8.1)

**17.8.1.1** Celem niniejszego podrozdziału jest przewidzenie na statku odpowiednich systemów, zapewniających, że bunkrowanie może być prowadzone bez stwarzania zagrożenia dla ludzi, środowiska lub statku. (8.1.1)

#### 17.8.2 **Wymagania funkcjonalne** (8.2)

Należy uwzględnić rozdział 8 niniejszej *Publikacji* (Kodeksu IGF).

**17.8.2.1** Niniejszy podrozdział odnosi się do wymagań funkcjonalnych zawartych w 17.3.2.1 do 17.3.2.11, 17.3.2.13 do 17.3.2.17 oraz 17.3.2.19. W szczególności zastosowanie mają następujące postanowienia: (8.1)

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

**17.8.2.1.2** Linie i kolektory bunkrowe powinny być zabezpieczone przed uszkodzeniami mechanicznymi. (8.2.1.2)



### 17.8.3 *Stacje bunkrowania* (8.3)

**17.8.3.1** Stacje bunkrowania powinny być usytuowane na obszarze pokładu otwartego, zapewniającym wystarczającą wentylację naturalną oraz niezakłócone usuwanie wycieków. (8.3.1)

**17.8.3.2** Jeśli stacje bunkrowania zostały umieszczone w pomieszczeniach zamkniętych lub półzamkniętych, wówczas to rozwiązanie powinno zapewniać niezakłócone usuwanie wycieków i podlegać specjalnemu rozpatrzeniu przez Administrację. Zatwierdzenie takich rozwiązań powinno uwzględniać co najmniej następujące specyficzne zagrożenia i zagadnienia związane z wodorem:

- samozapłon;
- opóźniony zapłon;
- zabezpieczenia przeciwpożarowe, włącznie z systemem wykrywania pożaru;
- wzbogacanie w tlen;
- rozładowanie ciśnienia wybuchu;
- oddzielenie od innych rejonów statku;
- plany obszarów niebezpiecznych statku;
- wentylacja wymuszona;
- wykrywanie wycieków;
- działania funkcji bezpieczeństwa związane z wyciekami;
- zapobieganie gromadzeniu się skroplonego lub zestalonego powietrza;
- dostęp do stacji bunkrowania z obszarów bezpiecznych przez śluzy powietrzne; oraz
- monitorowanie stacji bunkrowania będącej w bezpośrednim polu widzenia lub za pomocą telewizji przemysłowej (CCTV). (8.3.2)

**17.8.3.3** Ściany zamkniętych lub półzamkniętych stacji bunkrowania powinny być gazoszczelne, aby uniknąć rozprzestrzeniania się gazu wodorowego do przyległych pomieszczeń zamkniętych. (8.3.3)

**17.8.3.4** Sterowanie bunkrowaniem powinno być możliwe z bezpiecznego miejsca. W tym miejscu powinno być monitorowane ciśnienie i temperatura w zbiorniku. Powinien w nim być także sygnalizowany alarm wysokiej temperatury oraz wysokiego ciśnienia, a także wyłączenie automatyczne i ręczne. (8.3.4)

**17.8.3.5** Linie bunkrowania nie powinny przechodzić przez pomieszczenia mieszkalne, post-runki dowodzenia lub pomieszczenia służbowe. (8.3.5)

**17.8.3.6** Linie bunkrowania, jeśli nie są wykonane z rur o podwójnych ściankach z próżnią lub gazem obojętnym w przestrzeniach międzyrurowych, nie powinny przechodzić przez inne pomieszczenia zamknięte. (8.3.6)

**17.8.3.7** W przypadku rurociągów zawierających ciekły wodór lub zimne opary wodoru, należy zastosować środki w celu zapobieżenia osiągnięcia przez odsłonięte powierzchnie temperatury  $-183^{\circ}\text{C}$ . W miejscach, w których środki zapobiegawcze nie są wystarczająco skuteczne, takich jak kolektory bunkrowe, zamiast środków zapobiegawczych można dopuścić inne odpowiednie środki takie jak wentylacja, która pozwala uniknąć powstawania mocno wzbogaconego tlenu oraz montaż wanien ściekowych odzyskujących ciepłe powietrze. (8.3.7)

### 17.8.4 *Kolektory bunkrowe* (8.4)

**17.8.4.1** Kolektor bunkrowy powinien być tak zaprojektowany, aby wytrzymał obciążenia zewnętrzne podczas bunkrowania. (8.4.1)

**17.8.4.2** Złącze bunkrowania powinno być odpowiednie do prowadzenia operacji bunkrowania paliwa i zdolne do wytrzymania projektowej temperatury i ciśnienia. (8.4.2)

**17.8.4.3** Przyłącza w stacji bunkrowania powinny być tak wykonane, aby umożliwić pracę w trybie suchego rozłączania. (8.4.3)

**17.8.4.4** Przyłącza powinny być wyposażone w dodatkowe zrywalne złącze /samouszczelniające szybko rozłączalne. (8.4.4)

### **17.8.5 Instalacje bunkrowania** (8.5)

**17.8.5.1** W czasie operacji bunkrowania zbiornik paliwa nie powinien przekroczyć maksymalnej temperatury projektowej. (8.5.1)

**17.8.5.2** Ręcznie sterowany zawór zaporowy i usytuowany za nim zdalnie sterowany zawór odcinający lub kombinowany zawór sterowany ręcznie i zdalnie, powinny być zamontowane na każdej linii bunkrowania w pobliżu punktu podłączenia. Powinna istnieć możliwość obsługi zaworu zdalnego ze stanowiska sterowania operacjami bunkrowania i/lub z innego bezpiecznego miejsca. (8.5.2)

**17.8.5.3** Linie bunkrowania powinny być tak zaprojektowane, aby zapewniona była możliwość ich zubożnienia i odgazowywania. Rurociągi bunkrowe, gdy nie są używane do bunkrowania, powinny być odgazowane, chyba że skutki braku ich odgazowania zostaną oszacowane i zatwierdzone. (8.5.3)

**17.8.5.4** W przypadku gdy linie bunkrowania mają przyłącza po obu burtach należy przewidzieć odpowiednie odcięcie, aby zapewnić, że paliwo nie zostanie przypadkowo przesłane na burtę statku, która nie jest wykorzystywana do bunkrowania. (8.5.4)

**17.8.5.5** Należy zainstalować łącze bezpieczeństwa bunkrowania lub równoważne środki do komunikacji ze źródłem bunkrowania automatycznego i ręcznego wyłączenia awaryjnego (ESD). (8.5.5)

**17.8.5.6** Postanowienia niniejszego podrozdziału powinny być także stosowane do instalacji bunkrowania stanowiących w zakresie połączeń z przenośnymi zbiornikami wodoru. (8.5.6)

## **17.9 Zasilanie paliwem odbiorników** (9)

### **17.9.1 Cel** (9.1)

Celem niniejszego podrozdziału jest zapewnienie bezpiecznej i niezawodnej dystrybucji paliwa do odbiorników.

### **17.9.2 Wymagania funkcjonalne** (9.2)

Niniejszy podrozdział odnosi się do wymagań funkcjonalnych podanych w 17.3.2.1 do 17.3.2.6, 17.3.2.8 do 17.3.2.11 oraz 17.3.2.13 do 17.3.2.17 i 17.3.2.19. W szczególności zastosowanie mają następujące postanowienia:

- .1** instalacja zasilania paliwem powinna być tak wykonana, aby skutki jakiegokolwiek uwolnienia paliwa były ograniczone do minimum, a jednocześnie zapewniony był bezpieczny dostęp do obsługi i inspekcji;
- .2** instalacja rurociągów dostarczających paliwo do odbiorników powinna być zaprojektowana w taki sposób, aby uszkodzenie jednej bariery nie prowadziło do wycieku z instalacji

rurociągów do otaczającego obszaru powodując zagrożenie dla osób na pokładzie, środowiska lub statku; oraz

- .3 rurociągi paliwowe poza przedziałami maszynowymi powinny być tak zainstalowane i zabezpieczone, aby ograniczyć do minimum zagrożenie obrażeń załogi i uszkodzenia statku w przypadku wycieku. (9.3.6)

### 17.9.3 Instalacje rurociągów paliwowych zawierające ciecze kriogeniczne (9.4)

17.9.3.1 Rurociągi i ich komponenty zawierające ciecze kriogeniczne powinny być wyposażone w dodatkowe osłony, takie jak system podwójnych ścianek. (9.4.1)

17.9.3.2 Dodatkowa osłona powinna być wykonana z materiału, który może wytrzymać temperaturę i ciśnienie potencjalnego wycieku. (9.4.2)

17.9.3.3 Dodatkowa osłona powinna posiadać izolację próżniową lub być wypełniona helem. (9.4.3)

17.9.3.4 Rurociągi i ich komponenty zawierające ciekły wodór powinny być izolowane cieplnie od przyległej konstrukcji kadłuba, tam gdzie jest to niezbędne, aby zapobiec obniżeniu się temperatury kadłuba poniżej temperatury projektowej materiału kadłuba. (9.4.4)

### 17.9.4 Instalacje rurociągów paliwowych zawierających paliwa gazowe (9.5)

17.9.4.1 Rurociągi i ich komponenty zawierające gazowy wodór powinny być wyposażone w:

- .1 zubożoną dodatkową osłonę, taką jak system podwójnych ścianek; lub
- .2 wentylowaną dodatkową osłonę, której wentylacja ma wystarczającą wydajność określoną w oparciu o wyniki analizy CFD (obliczeniowej dynamiki płynów), analizy numerycznej lub eksperymentalnej. (9.5.1)

17.9.4.2 Rurociągi z pojedynczą ścianką mogą być zaakceptowane dla instalacji na pokładzie otwartym, pod warunkiem że rurociąg jest chroniony przynajmniej jednym z następujących środków: zawór nadmiarowy, zawór ograniczający przepływ lub zawór redukcyjny ciśnienia. Scenariusz maksymalnego wycieku z zastosowaniem tych zabezpieczeń powinien być przedmiotem analizy CFD (obliczeniowej dynamiki płynów) i analizy wybuchu, jeżeli to potrzebne. (9.5.2)

17.9.4.3 Rurociągi z pojedynczą ścianką na pokładzie otwartym dla ciśnień powyżej 20 bar powinny być przedmiotem pełnego alternatywnego procesu projektowania. (9.5.3)

17.9.4.4 Rurociągi paliwowe powinny być chronione przed mechanicznym uszkodzeniem. (9.5.4)

17.9.4.5 Dodatkowe osłony niskociśnieniowe powinny posiadać system gazu obojętnego lub alternatywnie system wentylacji mechanicznej z redundancją o wystarczającej wydajności, określonej w oparciu o wyniki analizy numerycznej lub eksperymentalnej. (9.5.5)

17.9.4.6 Wysokociśnieniowe instalacje rurociągów gazowego sprężonego wodoru powinny mieć wystarczającą wytrzymałość konstrukcyjną i zmęczeniową. Należy to potwierdzić przez wykonanie analizy naprężeń oraz zmęczenia, z uwzględnieniem:

- .1 naprężeń spowodowanych ciężarem instalacji rurociągów
- .2 obciążeń przyspieszeń, które dają naprężenia wynoszące ponad 20% naprężeń wynikających z ciśnienia wewnętrznego w rurociągu.
- .3 ciśnienia wewnętrznego oraz obciążeń wywołanych wygięciem i ugięciem statku. (9.5.4)

#### 17.9.4.7 Filtry (9.5.5)

**17.9.4.7.1** Instalacje rurociągów paliwowych powinny być wyposażone w odpowiednie środki, takie jak filtry, w celu usunięcia substancji zanieczyszczających, które wykropliły się w niskich temperaturach. (9.5.5.1)

**17.9.4.7.2** Filtry przydatne są do zmniejszania zagrożeń związanych z zanieczyszczeniem, szczególnie cząstkami stałymi, oraz w instalacjach skroplonego wodoru cząstkami stałymi, które mogą zawierać tlen, ale które mogą także utrudniać przepływ. Zasadniczą funkcją filtra jest zbieranie zanieczyszczeń w instalacjach wodorowych. (9.5.5.2)

**17.9.4.7.3** Należy uwzględnić następujące zalecenia dotyczące filtrów:

- .1 Filtry powinny być dostępne oraz powinno być możliwe ich odcięcie w celu czyszczenia.
- .2 Filtry nie powinny być czyszczone przez płukanie wsteczne w obrębie instalacji.
- .3 Filtry powinny być czyszczone lub wymieniane okresowo lub wówczas gdy spadek ciśnienia na filtrze osiągnie określoną wartość.
- .4 Ilość oraz umiejscowienie filtrów należy określać zgodnie z wymaganiami dotyczącymi minimalizacji zanieczyszczeń w systemie. (9.5.5.3)

#### 17.9.5 Zawory (9.6)

**17.9.5.1** Ze względu na to, że zawory mają skłonność do wycieków, liczba zaworów w instalacjach rurociągów wodorowych powinna być ograniczona do minimum, ale powinna być wystarczająca do zrealizowania podstawowych funkcji bezpieczeństwa. (9.6.1)

**17.9.5.2** Zawory w instalacjach rurociągów paliwowych, od stacji bunkrowania do odbiorników, powinny normalnie być obsługiwane automatycznie i zdalnie, tak aby zminimalizować narażenie personelu, przy czym zawory te powinny być zawsze łatwodostępne w celu inspekcji i obsługi technicznej. Zalecenie to nie dotyczy zaworów normalnie zamkniętych i zablokowanych, które nie są obsługiwane w czasie normalnej eksploatacji. (9.6.2)

**17.9.5.3** Zawory zbiorników powinny być obsługiwane automatycznie lub ręcznie, zgodnie z zasadami bezpieczeństwa podanymi w 9.4.1 (13.1). (9.6.3)

**17.9.5.4** Zalecane jest aby wszystkie zawory w instalacji rurociągów wodorowych były sterowane pneumatycznie lub hydraulicznie, tak aby konstrukcja była z natury bezpieczna mając na uwadze możliwość zapłonu. (9.6.4)

**17.9.5.5** Główna linia zasilania paliwem każdego odbiornika lub zestawu odbiorników gazu powinna być wyposażona w zdalnie sterowany zawór odcinający oraz automatycznie obsługiwany główny zawór paliwa gazowego połączone ze sobą szeregowo. Zawory te powinny być umieszczone w tej części rurociągu, która znajduje się poza pomieszczeniami maszynowymi zawierającymi odbiorniki gazu oraz jak najbliżej instalacji podgrzewania gazu, jeśli została zainstalowana. Główny zawór paliwa gazowego powinien automatycznie odcinać dopływ gazu po uruchomieniu przez system bezpieczeństwa opisany w 17.13.1. (9.6.5)

**17.9.5.6** Linia zasilania gazem każdego odbiornika powinna być wyposażona w zawór podwójnej blokady i upustu. Zawory te powinny być przystosowane do automatycznego odcinania, jak podano w 17.13.1, oraz do zwykłego zatrzymania i odcięcia ogniw paliwowych lub silników. Funkcją tą może pełnić główny zawór paliwa gazowego. Należy zapewnić alarm wadliwego działania zaworów. W tym kontekście stanem alarmowym są otwarte zawory odcinające oraz zamknięty zawór upustowy. Podobnie, stanem alarmowym jest zatrzymanie odbiorników gazu i otwarte

zawory odcinające. Należy zainstalować jeden zdalnie obsługiwany zawór odcinający na rurociągu zasilania gazem każdego odbiornika przed zaworem podwójnej blokady i upustu, aby zapewnić bezpieczne odcięcie podczas obsługi technicznej modułu ogniwa paliwowego. (9.6.6)

#### **17.9.6 Kompensatory mieszkowe (9.7)**

**17.9.6.1** Stosowanie kompensatorów mieszkowych jest przedmiotem zatwierdzenia przez Administrację, a jeśli zostały zainstalowane, powinny być certyfikowane przez RO (uznaną organizację). (9.7.1)

#### **17.9.7 Zabezpieczenie nadciśnieniowe zbiorników paliwowych oraz instalacji rurociągów (9.8)**

##### **17.9.7.1 Zasady projektowania (9.8.1)**

**17.9.7.1.1** Zabezpieczenia przed nadciśnieniem wodoru oraz instalacje odpowietrzające powinny być konstruowane przez personel posiadający duże doświadczenie w projektowaniu instalacji odpowietrzających gazu. (9.8.1.1)

**17.9.7.1.2** Obciążenia projektowe oraz oddziaływanie temperatury przyjęte do projektowania instalacji odpowietrzających oraz masztu odpowietrzającego powinny być dokumentowane w analizie naprężeń rurociągów. (9.8.1.2)

**17.9.7.1.3** Maszt odpowietrzający powinien być projektowany na ciśnienie nie mniejsze niż 20 bar. (9.8.1.3)

**17.9.7.1.4** Systemy rozładowania ciśnienia powinny być odpowiednio zaprojektowane i zbudowane tak aby zapobiec ich blokowaniu przez tworzenie się wody lub lodu. (9.8.1.4)

##### **17.9.7.2 Zawory nadmiarowe ciśnienia (PRVs) (9.8.2.)**

**17.9.7.2.1** Wielkość zaworów nadmiarowych należy dobierać z uwzględnieniem najbardziej niekorzystnego scenariusza. Należy poddać ocenie czy scenariusz taki wywołany jest pożarem czy utratą atmosfery próżniowej przez system ogólnej izolacji oraz przeanalizować dla każdego takiego przypadku wynikową wielkość strumienia cieplnego działającego na system magazynowania. (9.8.2.1)

**17.9.7.2.2** Zawory nadmiarowe ciśnienia obsługujące instalację wodorową powinny być certyfikowane niezależnie od ich rozmiaru oraz warunków projektowych. (9.8.2.2)

**17.9.7.2.3** Zawory PRV należy projektować na najgorsze warunki eksploatacyjne (ciśnienie projektowe, temperatura projektowa, opcjonalne dodatkowe obciążenia) mające zastosowanie w warunkach obsługi wodoru, każdy pod swoim specyficznym identyfikowalnym oznaczeniem numerycznym. Projekt powinien być wykonany z uwzględnieniem maksymalnej przepustowości oczekiwanej dla charakterystyk działania określonego zaworu PRV. (9.8.2.3)

**17.9.7.2.4** Dla każdego typu zaworu nadmiarowego ciśnienia przeznaczonego do wykorzystania w instalacji wodorowej, dostępny powinien być arkusz wszystkich danych wraz z określonymi warunkami eksploatacji oraz warunkami projektowymi pod właściwym numerem oznaczenia (TAG). (9.8.2.4)

**17.9.7.2.5** Zawory PRV przeznaczone do montażu w instalacjach wodorowych powinny być klasyfikowane w ramach rurociągów klasy I /zbiorników ciśnieniowych klasy I. Projekt zaworów

nadmiarowych ciśnienia przeznaczonych do eksploatacji w instalacjach wodorowych powinien być wykonany zgodnie z uznaną normą międzynarodową. (9.8.2.5)

**17.9.7.2.6** Dobór przepustowości zaworów nadmiarowych ciśnienia przeznaczonych do instalacji paliwa wodorowego należy wykonywać zgodnie z p. 8.4 Kodeksu IGC. W przypadku wodoru, należy przestrzegać odpowiednich właściwości fizycznych, chemicznych i termodynamicznych, takich jak masa cząsteczkowa, ciepło utajone, stosunek ciepła właściwego w warunkach upustu ciśnienia, itp. (9.8.2.6)

### **17.9.7.3 Maszt odpowietrzający (9.8.3)**

**17.9.7.3.1** Maszt odpowietrzający powinien być umieszczony z dala od wlotów i wylotów powietrza lub otworów prowadzących do pomieszczeń mieszkalnych, służbowych oraz posterunków dowodzenia oraz nie powinien kierować usuwanych gazów do wyznaczonych obszarów bezpiecznych. Potrzebne są indywidualne oceny/symulacje dyspersji gazu w celu umożliwienia odpowiedniego doboru wielkości oraz określania miejsca umieszczenia masztu odpowietrzającego. Wysokość masztu odpowietrzającego powinna być wystarczająca do zapobiegania oddziaływania promieniowania cieplnego na personel oraz konstrukcje na pokładzie. (9.8.3.1)

**17.9.7.3.2** Na wszystkich masztach odpowietrzających, na które oddziałują zimne pary wymagane są rurociągi ściekowe kondensatu. W celu zapobiegania kruchemu pękaniu spowodowanemu tworzeniem się skroplonego powietrza mogą być zainstalowane wanianki ściekowe wykonane z materiałów odpornych na niską temperaturę. (9.8.3.2)

**17.9.7.3.3** Należy odpowiednio uwzględnić ryzyka związane z tworzeniem się wysokowzbogaczonego tlenu. (9.8.3.3)

**17.9.7.3.4** Stężenia palne mogą prowadzić do DDT (przechodzenia od gwałtownego spalania do detonacji) w masztach odpowietrzających o określonej długości. Stosunek średnicy do długości należy tak dobrać, aby zapobiec, takim przypadkom na drodze projektowej. (9.8.3.4)

**17.9.7.3.5** Zalecane jest także, aby maszty odpowietrzające były wyposażane w instalację gazu obojętnego w celu przedmuchiania powietrza w czasie, gdy nie ma przepływu wodoru. Należy rozpatrzyć zainstalowanie uszczelnień cząsteczkowych (rodzaj labiryntu) w celu zapobiegania przedostawaniu się powietrza do wylotu masztu odpowietrzającego. (9.8.3.5)

**17.9.7.3.6** Maszty odpowietrzające powinny być uziemione, w celu zapobiegania gromadzeniu się ładunków elektrostatycznych. (9.8.3.6)

**17.9.7.3.7** Należy przewidzieć odpowiednie środki zapobiegające blokowaniu odpowietrzeń przez gromadzący się lód, który powstaje z wilgoci w powietrzu. (9.8.3.7)

**17.9.7.3.8** Instalacja odpowietrzająca powinna być zaprojektowana tak, aby nie był wypuszczany skroplony wodór. (9.8.3.8)

### **17.9.7.4 Spalanie w pochodniach i rozważania dotyczące zapłonu w maszcie odpowietrzającym (9.8.4)**

**17.9.7.4.1** Nie zaleca się stosowania spalania w pochodniach w celu odpowietrzania instalacji paliwa wodorowego na statkach. Ze względu na wysoką reaktywność oraz szerokie granice palności wodoru, spalanie takie niesie ze sobą większe zagrożenie niż korzyści przy stosowaniu wodoru jako paliwa okrętowego.

**17.9.7.4.2** Zapłon gazów palnych oraz spalanie w masztach odpowietrzających powinno być wykluczone na drodze projektowej.

### **17.9.7.5 Instalacje rozładowania ciśnienia oraz instalacje odpowietrzające dla instalacji skroplonego wodoru (9.8.5)**

**17.9.7.5.1** Wielkość zaworów nadmiarowych ciśnienia oraz instalacji odpowietrzającej należy dobierać uwzględniając najgorszy scenariusz właściwe dla określania przepustowości instalacji rozładowania ciśnienia. Dla przykładu, należy uwzględnić że na skutek pożaru wokół zbiornika może wystąpić utrata podciśnienia.

**17.9.7.5.2** Zawory nadmiarowe bezpieczeństwa, rury odpowietrzające oraz maszty odpowietrzające powinny być zaprojektowane i zamontowane w celu ograniczenia do minimum gromadzenia się wilgoci oraz narastania lodu wskutek wykrapłania z atmosfery.

**17.9.7.5.3** W przypadku zastosowania bezpieczników płytkowych do ochrony dodatkowych osłon, powinny być one użyte równolegle do zaworów nadmiarowych ciśnienia jako ścieżka awaryjna na wypadek nadmiernego ciśnienia lub szeregowo (powyżej zaworów) gdy kolejne wniknięcie powietrza nie powinno mieć miejsca.

### **17.9.7.6 Systemy rozładowania ciśnienia oraz instalacje odpowietrzające dla instalacji wodorowych (9.8.6)**

**17.9.7.6.1** Należy przewidzieć środki zapobiegające rozerwaniu zbiorników paliwa na skutek oddziaływania pożaru. W tym celu powinna być zainstalowana automatyczna instalacja rozładowania ciśnienia. Zainstalowane zabezpieczenie przed nadciśnieniem wskutek oddziaływania pożaru powinno być niezawodne i zdolne do utrzymywania wystawionego na oddziaływanie pożaru wyposażenia poniżej naprężeń rozrywających przez cały czas. Kryteria oddziaływania pożaru stosowane jako podstawa do projektowania powinny uwzględniać, oprócz standardowych warunków minimalnego narażenia pożarowego przewidzianych w 6.7 (Kodeks IGF 6.7) do określenia wielkości zaworów nadmiarowych, także specyficzne dla danego projektu ryzyka związane z pożarem. Należy także uwzględnić zalecenia podane w API Std 521 *Pressure-relieving and Depressuring Systems (Instalacje rozładowania i obniżenia ciśnienia)*.

**17.9.7.6.2** Należy zapobiegać przedostaniu się gazu pod wysokim ciśnieniem do segmentów niskociśnieniowych. Należy rozważyć systemy rozładowania ciśnienia lub wysoko zintegrowane systemy ochrony przed ciśnieniem jak to niezbędne. Niekontrolowanym wyciekom wodoru pod wysokim ciśnieniem należy zapobiegać na drodze projektowej. Pojedynczy wyciek nie powinien prowadzić do niebezpiecznych zdarzeń w obrębie instalacji paliwa wodorowego. Należy zainstalować z natury bezpieczne środki do usuwania wodoru.

**17.9.7.6.3** Odpowiednim środkiem bezpieczeństwa zapewniającym bezpieczne usuwanie gazu oraz zredukowanie czasu trwania wycieku może być wydmuch gazu do bezpiecznego miejsca. Jeśli stosowane są systemy przedmuchiwania, powinny być one co najmniej być projektowane zgodnie z zaleceniami podanymi w API Std 521 *Pressure-relieving and Depressuring Systems (Instalacje rozładowania i obniżenia ciśnienia)*.

**17.9.7.6.4** W przypadku instalacji wielozbiornikowych powinno być możliwe ustalenie, który ze zbiorników ma wyciek, w oparciu o dane z systemu bezpieczeństwa. W celu zapobiegania eskalacji wycieku powinno być możliwe bezpieczne opróżnienie przeciekającego zbiornika za pomocą zdalnego sterowania. Należy uwzględnić skutki ciśnienia wstecznego, które tworzy się podczas

wysokociśnieniowych wycieków na wylocie zaworów nadmiarowych ciśnienia o niższym ciśnieniu i oddziałuje na ich nastawy.

**17.9.7.6.5** Należy zainstalować dedykowany maszt odpowietrzający dla odpowietrzania i usuwania gazu z wysokociśnieniowego sprężonego paliwa wodorowego.

## **17.9.8 Instalacje zubożniania oraz podciśnieniowe (9.9)**

### **17.9.8.1 Postanowienia ogólne (9.9.1)**

**17.9.8.1.1** Jeśli nie zostało to określone inaczej w niniejszym podrozdziale, pomieszczenia zawierające instalacje gazu obojętnego powinny co najmniej spełniać wymagania podane przez RO (uznaną organizację).

**17.9.8.1.2** Należy przewidzieć urządzenie do przedmuchiwania linii bunkrowania paliwa oraz instalacji rurociągów wodorowych.

**17.9.8.1.3** W celu zapewnienia właściwego przedmuchiwania rurociągów wodorowych, włącznie z ich komponentami, aby uniknąć palnych mieszanin, zalecane jest aby minimalne wymagane natężenie przepływu oraz prędkość przedmuchiwania były poddawane ocenie w celu ustalenia wartości pozwalających na wystarczające przedmuchiwanie.

**17.9.8.1.4** Ze względów bezpieczeństwa, należy zwrócić uwagę na temperaturę oraz punkty wrzenia gazów obojętnych. W przypadku gdy natężenie przedmuchiwania, jego czas trwania lub zakres mieszania jest zbyt niski, w obudowie pozostaną resztkowe kieszenie wodoru lub gaz przedmuchiujący. Dlatego, w celu odpowiedniego przedmuchiwania, z kilku różnych miejsc instalacji należy uzyskiwać wiarygodne pomiary stężenie gazu. W kilku miejscach należy także dokonywać pomiaru temperatury. W obrębie wyposażenia zawierającego wodór mogą istnieć czynniki utleniające, takie jak: powietrze, atmosfery zimnej obudowy zawierające powietrze rozcieńczone azotem lub powietrze wzbogacone tlenem, które w szczególnych okolicznościach mogą skraplać się na rurociągach technologicznych w obrębie zimnej obudowy.

**17.9.8.1.5** Może być konieczne wprowadzenie specjalnych środków w celu złagodzenia zagrożeń, m.in. powietrze powinno być usuwane poprzez przedmuchiwanie azotem przed wprowadzeniem wodoru do rurociągu ładunkowego lub wyposażenia technologicznego. Azot następnie powinien być usunięty przez przedmuchiwanie wodorem, jeśli w kolejnym procesie istnieje możliwość jego zestalenia.

**17.9.8.1.6** Rurociągi wodorowe oraz ich komponenty powinny zostać przedmuchiwane gazem obojętnym przed i po zastosowaniu wodoru w tych rurociągach i komponentach. Gaz obojętny powinien być zastosowany w celu usunięcia wilgoci oraz powietrza przed wprowadzeniem wodoru do instalacji rurociągów. Oprócz tego, wodór powinien być przedmuchiwany z instalacji gazem obojętnym przed otwarciem instalacji do obsługi technicznej.

**17.9.8.1.7** Tam gdzie przestrzenie izolacyjne są zasilane w sposób ciągły gazem obojętnym w ramach systemu wykrywania przecieków, należy przewidzieć środki służące do monitorowania ilości gazu przesyłanego do poszczególnych przestrzeni.

**17.9.8.1.8** Instalacja gazu obojętnego powinna być tak zaprojektowana, aby każda zubożniana przestrzeń mogła zostać odizolowana i powinny być przewidziane niezbędne urządzenia do kontroli ciśnienia w tych przestrzeniach.



**17.9.8.1.9** Przestrzenie ładowni wykorzystywane do magazynowania butli sprężonego gazu lub skroplonego wodoru muszą być zubożniane w sposób ciągły, aby zapobiegać powstaniu atmosfery wybuchowej w przypadku wycieku.

**17.9.8.1.10** Instalacja gazu obojętnego powinna być zabezpieczona przed zanieczyszczeniem wodorem.

**17.9.8.1.11** Zalecane jest aby bariery wtórne rurociągów wodoru gazowego zarówno w instalacjach skroplonego wodoru jak i wodoru sprężonego były wyposażone w instalację gazu obojętnego – azotu. Jeśli bariery wtórne w rurociągach wodorowych są wentylowane mechanicznie, należy uwzględnić zalecenia podane w podrozdziale 10.

### Zagrożenia

#### Unikać mieszanin palnych

Ze względów bezpieczeństwa należy zwrócić uwagę na temperaturę i temperaturę wrzenia gazów obojętnych.

Resztkowe kieszenie z wodorem lub gazem przedmuchującym pozostaną w obudowie jeżeli krotność, czas trwania przedmuchu lub stopień wymieszania jest zbyt niski.

Czynniki utleniające mogą występować w wyposażeniu zawierającym wodór, a w szczególności: powietrze, atmosfera zimnej obudowy zawierająca powietrze rozrzedzone azotem lub powietrze wzbogacone w tlen, które w specjalnych okolicznościach może się wykraplać na rurociągach przetwórczych w obrębie zimnej obudowy.

Przed wprowadzeniem wodoru do instalacji rurociągów należy użyć gazu obojętnego do usunięcia wilgoci i powietrza.

Zapobiegać atmosferze wybuchowej w przypadku wycieku.

### Pomieszczenia

Pomieszczenia zawierające instalacje gazu obojętnego powinny co najmniej odpowiadać wymaganiom podanym przez RO (uznaną organizację), o ile nie określono inaczej w niniejszym podrozdziale.

W przypadku, gdy przestrzenie izolacji są w sposób ciągły zasilane gazem obojętnym, będącym elementem systemu wykrywania wycieków, należy przewidzieć środki do monitorowania ilości gazu dostarczanego do poszczególnych pomieszczeń.

System gazu obojętnego powinien być tak zaprojektowany, aby każde zubożniane pomieszczenie mogło być odcięte i należy przewidzieć niezbędne rozwiązania w celu kontrolowania ciśnienia w tych pomieszczeniach.

Pomieszczenia ładunkowe wykorzystywane do przechowywania butli ze sprężonym gazem lub ciekłym wodorem muszą być w sposób ciągły zubożniane, w celu zapobieżenia atmosferze wybuchowej w przypadku wycieku.

### Przedmuchiwanie

Należy przewidzieć rozwiązania w celu przedmuchiwania linii bunkrowania paliwa i instalacji rurociągów wodoru.

W celu zapewnienia właściwego przedmuchiwania rurociągów wodoru, włączenie z komponentami systemu zaleca się, aby oszacować minimalne wymagane natężenia przepływu i prędkość przedmuchiwania, przy których rurociągi i komponenty są wystarczająco przedmuchane.

Rurociągi wodoru i ich komponenty powinny zostać przedmuchane gazem obojętnym przed i po użyciu wodoru w rurociągach i komponentach.

Dodatkowo wodór powinien zostać przedmuchany gazem obojętnym z instalacji rurociągów, przed otwarciem instalacji do konserwacji.

Powietrze powinno zostać usunięte poprzez przedmuch azotem przed wprowadzeniem wodoru do rurociągów ładunkowych lub wyposażenia przetwórczego.

Następnie azot powinien zostać usunięty poprzez przedmuch wodorem, jeżeli istnieje możliwość jego zestalenia się w następnym procesie.

### Zobojętnianie

Gaz obojętny powinien być chroniony przed zanieczyszczeniem wodorem.

Zaleca się, aby bariery wtórne gazowych rurociągów H<sub>2</sub> zarówno w instalacjach skroplonego jak i gazowego wodoru, były wyposażone w system gazu obojętnego – azotu. Jeżeli bariery wtórne rurociągów gazowego H<sub>2</sub> są wentylowane mechanicznie, należy uwzględnić zalecenia podane w podrozdziale 17.10.

### Pomiary

Z tego względu wiarygodne pomiary stężenia gazu powinny być wykonywane w wielu różnych miejscach systemu w celu zapewnienia odpowiedniego przedmuchu. Również temperatura powinna być mierzona w wielu różnych miejscach.

#### 17.9.8.2 Instalacje zobojętniania skroplonego wodoru (9.9.2)

**17.9.8.2.1** Ciekły hel, ze względu na niską temperaturę wrzenia, może być stosowany jako gaz obojętny do przedmuchiwania oraz wstępnego chłodzenia linii bunkrowania oraz jej komponentów.

**17.9.8.2.2** Bariera wtórna skroplonego wodoru w liniach bunkrowania paliwa oraz zasilania paliwem powinna być zobojętniana helem lub posiadać izolację próżniową.

**17.9.8.2.3** Podstawowe rurociągi zasilania gazowego oraz ich komponenty powinny mieć zapewnione przedmuchiwanie gazem obojętnym – azotem.

#### 17.9.8.3 Instalacje zobojętniania sprężonego wodoru (9.9.3)

W rurociągach wodorowych wysokiego ciśnienia linie zasilania oraz komponenty powinny mieć zapewnione przedmuchiwanie gazem obojętnym – azotem. Dodatkowo, bariery wtórne powinny być zasilane gazem obojętnym – azotem.

#### 17.9.8.4 Wytwarzanie oraz magazynowanie gazu obojętnego na statku (9.9.4)

W przypadku gdy przewidziane są wytwornice gazu obojętnego, powinny one być zdolne do wytwarzania gazu obojętnego o zawartości tlenu nie większej niż 3% (patrz NFPA 22, Annex L, L.2.2.3.2, 2020 Ed.) objętościowo dla azotu oraz x% dla helu. Na zasilaniu gazem obojętnym z urządzenia należy zainstalować miernik zawartości tlenu z ciągłym odczytem oraz sygnalizację alarmową ustawioną na maksimum 5% objętościowej zawartości tlenu.

#### 17.9.9 Instalacja rurociągów bunkrowania paliwa (9.10)

##### 17.9.9.1 Postanowienia ogólne (9.10.1)

**17.9.9.1.1** Instalacja bunkrowania paliwa powinna co najmniej spełniać wymagania podane w 8.1, 8.2, 8.3, 8.4 and 8.5 (Kodeksu IGF), jeśli nie określono inaczej w niniejszym podrozdziale.

**17.9.9.1.2** Ogólnie, instalacja bunkrowania powinna być tak zaprojektowana, aby podczas napełniania zbiorników paliwowych nie był usuwany do atmosfery żaden gaz ani żadna ciecz.

**17.9.9.1.3** Należy opracować procedurę prowadzenia bunkrowania, która powinna znajdować się na statku.

#### **17.9.9.2 Bunkrowanie paliwa przy użyciu stałych instalacji ciekłego wodoru (9.10.2)**

**17.9.9.2.1** Ze względu na narażenie na niskie temperatury przyległych elementów konstrukcji kadłuba w przypadku wycieku skroplonego wodoru, w rejonie kadłuba pod przyłączami z lądu należy stosować materiały odpowiednie dla niskich temperatur.

**17.9.9.2.2** Zalecane jest aby instalacja bezpieczeństwa rozprowadzająca wodę nie była montowana w rejonie kadłuba pod przyłączami z lądu.

#### **17.9.9.3 Bunkrowanie paliwa przy użyciu stałych instalacji wodorowych (9.10.3)**

**17.9.9.3.1** W rurociągu zasilania gazem za kolektorem bunkrowym powinno być utrzymywane bezpieczne ciśnienie eksploatacyjne.

**17.9.9.3.2** Bezpośrednio za kolektorem bunkrowania, gdzie ciśnienie sprężonego wodoru jest zredukowane do niskich wartości powinien być zainstalowany redundantny zawór redukcyjny ciśnienia.

#### **17.9.9.4 Skonteneryzowane wymienne instalacje sprężonego wodoru (9.10.4)**

**17.9.9.4.1** Skonteneryzowane wymienne instalacje sprężonego wodoru powinny być tak samo bezpieczne, certyfikowane i zatwierdzone jak stałe instalacje zasilania paliwem określone w 9.2.1.

**17.9.9.4.2** Na każdym kontenerze na wspólnym kolektorze rurociągu zasilającego, należy zainstalować redundantny zawór redukcyjny ciśnienia, jak najbliższej zaworu ESD zbiornika, w celu zapewnienia bezpiecznego ciśnienia eksploatacyjnego w rurociągu zasilania gazem.

**17.9.9.4.3** Jeśli zastosowano przewody elastyczne z łącznikami jako przewody zasilania gazem pomiędzy kolektorem bunkrowania a kontenerem(-ami), powinny one być typu zatwierdzonego dla przewidzianego medium i zastosowania, oraz powinno być możliwe ich automatyczne przedmuchiwanie gazem obojętnym. Przewody te powinny posiadać dodatkową osłonę zubożoną azotem.

**17.9.9.4.4** Kontenery powinny być traktowane jako pomieszczenia ładunkowe zbiorników w zakresie zaleceń dotyczących atmosfer wybuchowych.

### **17.10 Wytwarzanie energii w tym przez urządzenia napędowe oraz inne odbiorniki paliwa (10)**

#### **17.10.1 Cel (10.1)**

**17.10.1.1** Celem niniejszego rozdziału jest zapewnienie bezpiecznego i niezawodnego dostarczenia energii mechanicznej, elektrycznej i cieplnej. (10.1.1)

#### **17.10.2 Wymagania funkcjonalne (10.2)**

Niniejszy podrozdział powiązany jest z wymaganiami funkcjonalnymi zawartymi w 17.3.2.1, 17.3.2.11, 17.3.2.13, 17.3.2.16 oraz 17.3.2.17. W szczególności zastosowanie mają następujące postanowienia:

- .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 zapłonem wycieku gazu, powinny być wyposażone w odpowiednie systemy rozładowania ciśnienia. W zależności od konstrukcji konkretnego silnika może to obejmować kolektory dolotowe powietrza oraz przestrzenie przepłukiwania;
- .3 odprowadzenie ciśnienia wybuchu powinno być skierowane z dala od miejsc, w których może zwykle przebywać personel; oraz
- .4 wszystkie odbiorniki gazu powinny mieć osobną instalację spalinową.

### 17.10.3 **Postanowienia dotyczące tłokowych silników spalania wewnętrznego** (10.3)

#### 17.10.3.1 **Postanowienia ogólne** (10.3.1)

**17.10.3.1.1** Instalacja spalinowa powinna być wyposażona w odpowiedniej wielkości system odciążenia od wybuchu, tak aby zapobiegać powstawaniu nadmiernego ciśnienia wybuchu w przypadku braku zapłonu w jednym cylindrze, po której następuje zapłon niespalonego gazu w instalacji. (10.3.1.1)

Instalacja spalinowa powinna być wyposażona w systemy rozładowania ciśnienia wybuchu, chyba że została zaprojektowana do wytrzymania najgorszego przypadku nadciśnienia spowodowanego zapłonem wycieku gazu lub uzasadnionej koncepcją bezpieczeństwa silnika. Należy wykonać szczegółową ocenę potencjału niespalonego gazu w instalacji spalinowej obejmującą kompletną instalację od cylindrów do jej otwartego końca. Taka szczegółowa ocena powinna być odzwierciedlona w koncepcji bezpieczeństwa silnika. (10.3.1.1.1)

**17.10.3.1.2** W przypadku silników, których przestrzeń podtłokowa ma bezpośrednie połączenie ze skrzynią korbową, należy przeprowadzić szczegółową ocenę dotyczącą potencjalnego zagrożenia gromadzeniem się paliwa gazowego w skrzyni korbowej, która powinna być odzwierciedlona w koncepcji bezpieczeństwa silnika. (10.3.1.2)

**17.10.3.1.3** Każdy silnik inny niż dwusuwowy wodorowy silnik diesla powinien być wyposażony w instalację odpowietrzenia skrzyni korbowej i miski olejowej niezależną od innych silników. (10.3.1.3)

**17.10.3.1.4** Tam gdzie może powstać bezpośredni wyciek gazu do czynnika instalacji pomocniczej (oleju smarowego, wody chłodzącej), należy za wylotem z silnika zainstalować odpowiednie urządzenia do usuwania gazu, w celu zapobiegania jego dyspersji. Gaz usuwany z instalacji pomocniczych powinien być odprowadzany do atmosfery w bezpiecznym miejscu. (10.3.1.4)

**17.10.3.1.5** W przypadku silników z instalacją zapłonową, przed przejściem na zasilanie paliwem gazowym należy sprawdzić prawidłowość działania instalacji zapłonu każdego układu. (10.3.1.5)

**17.10.3.1.6** Należy przewidzieć środki do monitorowania i wykrywania słabego spalania lub braku zapłonu. W przypadku ich wykrycia, dalsza praca na gazie jest dozwolona pod warunkiem zamknięcia dopływu gazu do danego cylindra i dopuszczalności pracy silnika z jednym wyłączonym cylindrem ze względu na drgania skrętne. (10.3.1.6)

**17.10.3.1.7** W przypadku uruchamiania silników na paliwie objętym wymaganiami niniejszej *Publikacji* (Wytycznych), 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 przedmuchiwanie instalacji spalinowej z wszelkich mieszanin niespalonego paliwa. (10.3.1.7)

### **17.10.3.2 Wymagania dla silników dwupaliwowych (10.3.2)**

**17.10.3.2.1** W przypadku zamknięcia zasilania gazem silniki powinny być zdolne do kontynuowania pracy przy zasilaniu tylko paliwem olejowym, bez jej przerywania. (10.3.2.1)

**17.10.3.2.2** Należy zainstalować automatyczny system przełączania z pracy przy zasilaniu paliwem gazowym na pracę przy zasilaniu paliwem olejowym i na odwrót, przy minimalnych wahaaniach mocy silnika. Akceptowalną niezawodność należy wykazać poprzez próby. W przypadku niestabilnego działania silników przy spalaniu gazu powinny one przełączać się automatycznie na tryb paliwa olejowego. Zawsze powinno być możliwe ręczne wyłączenie instalacji gazowej. (10.3.2.2)

**17.10.3.2.3** 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. (10.3.2.3)

### **17.10.3.3 Wymagania dla silników zasilanych wyłącznie gazem (10.3.3)**

W przypadku normalnego zatrzymania lub awaryjnego wyłączenia silnika, 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.

### **17.10.3.4 Wymagania dla silników wielopaliwowych (10.3.4)**

**17.10.3.4.1** W przypadku wyłączenia zasilania jednym paliwem, silniki powinny być zdolne do kontynuowania pracy przy zasilaniu paliwem alternatywnym przy minimalnych wahaaniach mocy silnika. (10.3.4.1)

**17.10.3.4.2** Należy zainstalować automatyczny system przełączania z pracy na jednym paliwie na pracę na paliwie alternatywnym przy minimalnych wahaaniach mocy silnika. Akceptowalną niezawodność należy wykazać poprzez próby. W przypadku niestabilnego działania silnika przy zasilaniu danym paliwem silnik powinien automatycznie przełączyć się na tryb paliwa alternatywnego. Zawsze powinna być możliwa jego ręczna aktywacja. (10.3.4.2)

## **17.10.4 Postanowienia dla silników innych niż silniki spalinowe tłokowe**

**17.10.4.1** Instalacja i projekt powinny być zatwierdzone przez administrację. (10.4.1)

**17.10.4.2** Rozwiązania do przedmuchu silnika i instalacji spalinowej silnika powinny być uwzględnione w koncepcji bezpieczeństwa silnika. Koncepcja bezpieczeństwa powinna w szczególności wykazać bezpieczne przejście na zasilanie innym paliwem z powodu racjonalnie przewidywalnych trybów awarii (np. nadobrotu, wyciek gazu). (10.5)

## 17.11 Bezpieczeństwo pożarowe (11)

### 17.11.1 Cel (11.1)

Celem niniejszego rozdziału jest zapewnienie ochrony przeciwpożarowej, wykrywania i gaszenia pożarów dla wszystkich komponentów instalacji związanych z magazynowaniem, przygotowaniem, przesyłaniem i wykorzystywaniem wodoru jako paliwa okrętowego.

### 17.11.2 Wymagania funkcjonalne (11.2)

Niniejszy podrozdział związany jest z wymaganiami funkcjonalnymi przedstawionymi w 317.3.2.2, 17.3.2.4, 17.3.2.5, 17.3.2.7, 17.3.2.12, 17.3.2.14, 17.3.2.15 oraz 17.3.2.17.

### 17.11.3 Ochrona przeciwpożarowa (11.3)

#### 17.11.3.1 Zbiorniki paliwa wodorowego:

- 1 Wszystkie ściany graniczne pomieszczeń mieszkalnych, służbowych, posterunków dowodzenia, pomieszczeń maszynowych oraz dróg ewakuacyjnych skierowane w stronę zbiorników paliwowych na pokładzie otwartym, powinny mieć odporność pożarową klasy A-60. Przegrody tej klasy powinny rozciągać się do dolnej części pokładu mostka nawigacyjnego lub do rzeczywistej wysokości ściany.
- 2 Przestrzeń magazynowa paliwa, powinna być oddzielona od przedziałów maszynowych kategorii A lub innych pomieszczeń o wysokim zagrożeniu pożarowym koferdamem o szerokości co najmniej 900 mm z izolacją klasy A-60. Przy określaniu izolacji przestrzeni magazynowej paliwa od innych pomieszczeń o mniejszym zagrożeniu pożarowym, przestrzeń magazynowa paliwa powinna być traktowana jak pomieszczenie maszynowe kategorii A. Granicą przestrzeni magazynowej paliwa powinien być koferdam o szerokości co najmniej 900 mm lub przegroda klasy A-60. (11.3.1)

#### 17.11.3.2 Stacje bunkrowania:

- 1 Ściany graniczne przedziałów maszynowych kategorii A, pomieszczeń mieszkalnych, posterunków dowodzenia oraz przestrzeni o wysokim zagrożeniu pożarowym skierowane w stronę stacji bunkrowania powinny być izolowane do klasy A-60 od, z wyjątkiem ścian granicznych zbiorników cieczy, pustych przestrzeni, maszynowni pomocniczych, pomieszczeń sanitarnych i innych podobnych pomieszczeń, których klasa izolacji może być zredukowana do klasy A-0. (11.1.2)

### 17.11.4 Gaszenie pożarów (11.4)

17.11.4.1 Pomieszczenia odbiorników paliwa wodorowego, przestrzenie magazynowe paliwa oraz pomieszczenia przygotowania paliwa powinny być wyposażone w odpowiednią stałą instalację gaśniczą. Wszystkie środki gaśnicze powinny być kompatybilne z wodorem i warunkami pracy takimi jak temperatura i ciśnienie. Gaszenie pożarów wodoru nie powinny być rozpoczynane zanim źródło paliwa nie zostanie odcięte. Stała instalacja gaśnicza powinna odpowiednio uwzględniać potencjalne obciążenia pożarowe. (11.4.1)

17.11.4.2 Tam gdzie wodór stosowany jest jako paliwo podstawowe, środkami gaśniczymi stosowanymi w pomieszczeniach wymienionych w 8.2.1 powinny być proszek gaśniczy lub dwutlenek węgla. (11.4.2)

17.11.4.3 Stacja bunkrowania wodoru powinna być wyposażona w stałą proszkową instalację gaśniczą która powinna pokrywać wszystkie możliwe miejsca wycieku. Wydajność instalacji powinna wynosić co najmniej 3,5 kg/s przez co najmniej 45 s. Należy zapewnić możliwość łatwego

ręcznego uruchamiania instalacji z bezpiecznego miejsca znajdującego się poza rejonem chronionym. (11.4.3)

### **17.11.5 Instalacje wykrywania i sygnalizacji pożaru (11.5)**

**17.11.5.1** Wszystkie pomieszczenia zawierające zbiorniki i/lub rurociągi paliwa gazowego, włącznie z wentylowanymi kanałami znajdującymi się pod pokładem, powinny być wyposażone w stałą instalację wykrywczą pożaru zgodnie z *Kodeksem FSS*. (11.5.1)

**17.11.5.2** Tam gdzie wykorzystuje się wodór, należy zainstalować odpowiednie czujki takie jak czujki węglowodorów, dymowe oraz cieplne. Należy przewidzieć urządzenia szybko wykrywające wycieki innego paliwa gazowego otrzymanego metodą reformowania. (11.5.2)

**17.11.5.3** W przypadku gdy stała instalacja wykrywania i sygnalizacji pożaru nie ma zdolności zdalnego identyfikowania każdego pojedynczego wykrywacza, każdy z nich powinien być zasilany z osobnych obwodów. (11.5.3)

## **17.12 Zapobieganie wybuchom (12)**

### **17.12.1 Cel (12.1)**

Celem niniejszego podrozdziału jest zapewnienie zapobiegania wybuchom oraz ograniczenie ich skutków.

### **17.12.2 Wymagania funkcjonalne (12.2)**

Niniejszy podrozdział powiązany jest z wymaganiami funkcjonalnymi przedstawionymi w 17.3.2.2 to 17.3.2.5, 17.3.2.7, 17.3.2.8, 17.3.2.12 to 17.3.2.14 oraz 17.3.2.17. W szczególności zastosowanie mają poniższe postanowienia:

Prawdopodobieństwo wybuchu należy zmniejszyć do minimum poprzez:

- .1 zredukowanie liczby źródeł zapłonu; oraz
- .2 zredukowanie prawdopodobieństwa tworzenia się mieszanin palnych.

### **17.12.3 Postanowienia ogólne (12.3)**

**17.12.3.1** Należy uwzględnić ryzyka wybuchu opisane w podręczniku Marhysafe, szczególnie w p. 17.8.3.1. (12.3.1)

**17.12.3.2** Własności wodoru przyczyniające się do ryzyka wybuchu należy uwzględnić w ocenie ryzyka wymaganej w punkcji 17.4.2.1 niniejszej *Publikacji* (niniejszych wytycznych). Należy uwzględnić co najmniej następujące kwestie:

- brak jest statystyk dotyczących częstotliwości wycieków z instalacji wodorowych
- inne wielkości uwolnionego wodoru w razie wycieku w porównaniu z gazem ziemnym dają w efekcie większą palną chmurę
- większy zakres palności wodoru, który w razie wycieku daje również w efekcie większe palne chmury
- większe palne chmury obejmują więcej źródeł zapłonu
- energia zapłonu wodoru jest dużo mniejsza niż gazu ziemnego
- maksymalne ciśnienie wybuchu jest 5-10 razy wyższe niż gazu ziemnego
- wybuchy wodoru następują szybciej i powodują że ciśnienie szczytowe powstaje szybciej niż konwencjonalne urządzenia upustowe ciśnienia może się otworzyć i uwolnić ciśnienie

– zwiększony potencjał przejścia od deflagracji do detonacji prowadzi do wyższego ryzyka ekstremalnych katastroficznych zdarzeń. (12.3.1)

**17.12.3.3** Analiza ryzyka wybuchu (ERA) wymagana jest w celu przeprowadzenia szczegółowej oceny ryzyka wybuchu. ERA powinna być wykonana we wczesnej fazie projektowania. W wyniku badania lub w ramach koncepcji bezpieczeństwa indywidualnych przypadków zastosować można kilka barier łagodzących. Bariery te mogą obejmować specjalnie wykonane lekkie i szybkodziałające panele eksplozyjne, dodatkową redukcję stężeń potencjalnych oksydantów oraz metody tłumienia wybuchów. (12.3.2)

## **17.13 Wentylacja** (13)

### **17.13.1 Cel** (13.1)

Celem niniejszego podrozdziału jest zapewnienie wentylacji wymaganej do bezpiecznego działania urządzeń maszynowych i wyposażenia zasilanych wodorem.

### **17.13.2 Wymagania funkcjonalne** (13.2)

Niniejszy podrozdział powiązany jest z wymaganiami funkcjonalnymi przedstawionymi w 17.3.2.2, 17.3.2.5, 17.3.2.8, 17.3.2.10, 17.3.2.12 do 17.3.2.14, 17.3.2.17 oraz 17.3.2.19.

### **17.13.3 Postanowienia ogólne** (13.3)

**17.13.3.1** Doloty powietrza do zamkniętych pomieszczeń bezpiecznych powinny być doprowadzone z miejsc w obszarach bezpiecznych znajdujących się w odległości co najmniej 1,5 m od granic obszaru niebezpiecznego. W przypadku gdy kanał dolotowy przechodzi przez pomieszczenie bardziej niebezpieczne, powinno w nim panować nadciśnienie w stosunku do tego pomieszczenia, z wyjątkiem sytuacji gdy jego integralność mechaniczna i szczelność powietrzna, zapewniają, że gaz nie przedostanie się do tego pomieszczenia. (13.3.1)

**17.13.3.2** Silniki elektryczne wentylatorów nie powinny być umieszczane w kanałach wentylacyjnych pomieszczeń mechanicznych, chyba że silniki te są certyfikowane pod kątem wodoru. (13.3.2)

**17.13.3.3** Powinno być możliwe sterowanie systemami wentylacyjnymi z miejsca położonego poza pomieszczeniem wentylowanym. Układ pomieszczenia powinien pozwalać na jego przewentylowanie przed wejściem do niego personelu i przed uruchomieniem wyposażenia. Na zewnątrz pomieszczenia należy umieścić znaki ostrzegawcze nakazujące personelowi uruchomienie systemu wentylacyjnego przed wejściem. Pomieszczenie powinno być monitorowane pod kątem obecności gazu palnego. (13.3.3)

**17.13.3.4** Na wylotach odpowietrzeń pomieszczeń niebezpiecznych należy zainstalować odpowiednie ekrany ochronne z siatki o kwadratowych oczkach nie większych niż 13 mm. (13.3.4)

**17.13.3.5** Wyloty powietrza z pomieszczeń bezpiecznych powinny być umieszczone poza obszarami niebezpiecznymi. (13.3.5)

**17.13.3.6** Wyloty powietrza z pomieszczeń niebezpiecznych gazowo powinny być umieszczone w rejonie otwartym który, bez danego wylotu, byłby tak samo lub mniej niebezpieczny niż pomieszczenie wentylowane. (13.3.6)



**17.13.3.7** Wymagana wydajność urządzenia wentylacyjnego jest zwykle określana na podstawie całkowitej objętości pomieszczenia. W przypadku pomieszczeń o skomplikowanym kształcie może być niezbędne zwiększenie wymaganej wydajności wentylacji. (13.3.7)

**17.13.3.8** W przypadku pomieszczenia, którego poziom zagrożenia zależy od systemu wentylacyjnego:

- .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 w niej nadciśnienia, należy prowadzić przedmuchiwanie (co najmniej 5 wymian powietrza) lub potwierdzić za pomocą pomiarów, że przestrzeń jest bezpieczna. Obok pulpitu należy umieścić znak ostrzegawczy;
- .2 Działanie wentylacji nadciśnieniowej należy monitorować; oraz
- .3 w przypadku awarii systemu wentylacyjnego:
  - .1 powinien być podawany dźwiękowy i wizualny sygnał alarmowy; oraz
  - .2 należy niezwłocznie przywrócić działanie wentylacji. (13.3.7)

**17.13.4** *Przestrzenie przyłączeniowe zbiornika paliwa* (13.4)

**17.13.4.1** Przestrzenie przyłączeniowe zbiornika paliwa powinny być wyposażone w system mechanicznej wentylacji wyciągowej o wydajności wentylacji co najmniej 30 wymian powietrza na godzinę. (13.4.1)

**17.13.4.2** Liczba i moc wentylatorów powinny być takie, że ich wydajność nie zostanie zmniejszona o więcej niż 50%, jeśli nie działa wentylator zasilany oddzielnym obwodem z rozdzielnicą głównej lub awaryjnej lub grupa wentylatorów ze wspólnym obwodem z rozdzielnicą głównej lub awaryjnej. (13.4.2)

**17.13.4.3** Jeśli przyłącza zbiornika umieszczone są w pomieszczeniu zbiornika paliwowego, powinno ono także spełniać wymagania 7.2.1 oraz 7.2.2. (13.4.3)

**17.13.5** *Pomieszczenia przygotowania paliwa* (13.5)

**17.13.5.1** Pomieszczenia przygotowania paliwa należy wyposażyć w skuteczny system mechanicznej wentylacji wyciągowej. W czasie normalnej eksploatacji wydajność wentylacji powinna zapewniać co najmniej 30 wymian powietrza na godzinę. (13.5.1)

**17.13.5.2** Liczba i moc wentylatorów powinny być takie, żeby wydajność nie została zmniejszona o więcej niż 50% jeśli nie działa wentylator zasilany oddzielnym obwodem z rozdzielnicą głównej lub awaryjnej, lub grupa wentylatorów ze wspólnym obwodem z rozdzielnicą głównej lub awaryjnej. (13.5.2)

**17.13.5.3** Systemy wentylacyjne pomieszczeń przygotowania paliwa oraz innych pomieszczeń do obsługi paliwa powinny działać podczas pracy pomp lub innego wyposażenia służącego do obróbki paliwa. (13.5.3)

**17.13.6** *Stacje bunkrowania* (13.6)

**17.13.6.1** Stacje bunkrowania, które znajdują się w przestrzeni zamkniętej należy wyposażyć w skuteczny system wentylacji mechanicznej zapewniający co najmniej 30 wymian powietrza na godzinę. (13.6.1)

**17.13.6.2** Stacje bunkrowania, które znajdują się w przestrzeni półzamkniętej należy wyposażyć w system wentylacji mechanicznej uwzględniający wnioski z oceny ryzyka wymaganej w 17.4.2.1 (13.6.2)

## **17.14 Instalacje elektryczne** (14)

### **17.14.1 Cel** (14.1)

Celem niniejszego podrozdziału jest zapewnienie instalacji elektrycznych, minimalizujących ryzyko zapłonu w obecności atmosfery palnej.

### **17.14.2 Wymagania funkcjonalne** (14.2)

Niniejszy podrozdział powiązany jest z wymaganiami funkcjonalnymi zawartymi w 17.3.2.1, 17.3.2.2, 17.3.2.4, 17.3.2.7, 17.3.2.8, 17.3.2.11, 17.3.2.13 oraz 17.3.2.16 do 17.3.2.18. Szczególne zastosowanie ma następujące postanowienie:

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 normalnych granicach eksploatacyjnych.

### **17.14.3 Postanowienia ogólne** (14.3)

**17.14.3.1** Wyposażenie i przewody elektryczne nie powinny być z zasady instalowane w obszarach niebezpiecznych. Jeśli jest to niewykonalne, powinny one spełniać postanowienia niniejszego podrozdziału. (14.3.1)

**17.14.3.2** Jeżeli wyposażenie elektryczne jest zainstalowane w obszarach niebezpiecznych, powinno być ono certyfikowanego typu bezpiecznego stosownie do klasyfikacji danego obszaru. Patrz IEC 60079-10-1. (14.3.2)

**17.14.3.3** Grupy wyposażenia oraz klasy temperaturowe należy określać jak pokazano niżej, zgodnie z kategoriami gazu palnego, który może wystąpić i gromadzić się w obszarze niebezpiecznym:

.1 Wodór, nie mniej niż IIC, T1. (14.3.3)

**17.14.3.4** Wyposażenie zainstalowane w obszarach niebezpiecznych powinno posiadać świadectwo wykonania przeciwwybuchowego wystawione przez urząd zajmujący się zapobieganiem wybuchowości. Certyfikowane wyposażenie elektryczne typu bezpiecznego nie powinno być zastępowane środkami do wykrywania gazu oraz automatycznego odcinania wyposażenia elektrycznego, które nie zostało certyfikowane jako typu bezpiecznego. (14.3.4)

### **17.14.4 Klasyfikacja obszarów niebezpiecznych** (14.4)

**17.14.4.1** W celu ułatwienia doboru odpowiedniej aparatury elektrycznej oraz zaprojektowania odpowiednich instalacji elektrycznych, obszary niebezpieczne zostały podzielone na strefy 0, 1 oraz 2 zgodnie z 17.14.4.3. W przypadku gdy postanowienia 17.14.4.3 zostały uznane za nie mające zastosowania do określonych warunków, Administracja może zezwolić na zastosowanie postanowień normy IEC 60079-10 do klasyfikacji obszarów niebezpiecznych. (14.4.1)

**17.14.4.2** Klasyfikacja obszarów kanałów wentylacyjnych powinna być taka sama jak wentylowanych przez nie przestrzeni. (14.4.2)

### 17.14.4.3 Obszary niebezpieczne

#### .1 Strefa 0 obszaru niebezpiecznego

Strefa ta obejmuje co najmniej wewnątrz zbiorników paliwowych oraz reformerów, przewody upustu ciśnienia lub inne instalacje odpowietrzające zbiorników paliwowych, rurociągów oraz wyposażenia zawierającego paliwo.

#### .2 Strefa 1 obszaru niebezpiecznego

Strefa ta obejmuje co najmniej:

- .1 przestrzenie przyłączeniowe zbiorników, przestrzenie magazynowe paliwa oraz przestrzenie międzybarierowe;
- .2 pomieszczenia ogniw paliwowych;
- .3 pomieszczenia przygotowania paliwa
- .4 obszary na pokładzie otwartym lub półzamknięte przestrzenie na pokładzie, w obrębie 3 m od jakiegokolwiek wylotu ze zbiornika paliwowego, wylotu gazu lub par, zaworu kolektora bunkrowania, innych zaworów paliwowych, kołnierzy rurociągów paliwowych oraz innych źródeł uwalniania paliwa otrzymanego metodą reformowania, wylotów wentylacyjnych pomieszczenia przygotowania paliwa, otworów wylotowych wentylacji strefy 1 oraz otworów zbiornika paliwowego do upustu ciśnienia pozwalających na przepływ małych ilości mieszanin gazu lub par, wywołany zmianami termicznymi;
- .5 obszary na pokładzie otwartym lub półzamknięte przestrzenie na pokładzie w obrębie 1,5 m od wejścia do pomieszczenia ogniw paliwowych, wlotów wentylacyjnych tego pomieszczenia, wejścia do pomieszczenia przygotowania paliwa, wlotów wentylacyjnych pomieszczenia przygotowania paliwa oraz innych otworów prowadzących do strefy 1;
- .6 obszary na pokładzie otwartym w obrębie wanien ściekowych zaworów kolektora bunkrowania oraz rejonów w odległości do 3 m poza tymi wannami, do wysokości 2,4 m ponad nią;
- .7 przestrzenie zamknięte lub półzamknięte, w których znajdują się rury zawierające paliwo, np. kanały o podwójnych ścianach wokół rurociągów paliwowych, półzamknięte stacje bunkrowania;
- .8 przestrzeń chroniona przez służbę powietrzną w normalnej eksploatacji jest uznawana za obszar bezpieczny, ale wymaga się, aby wyposażenie w niej umieszczone, które musi działać po utracie różnicy ciśnień między pomieszczeniem chronionym a obszarem niebezpiecznym, było certyfikowane jako odpowiednie dla strefy 1; oraz
- .9 z wyjątkiem zbiorników cylindrycznych sprężonego wodoru, obszar w obrębie 2,4 m od zewnętrznej powierzchni systemu magazynowania paliwa, jeżeli taka powierzchnia jest wystawiona na warunki atmosferyczne.

#### .3 Strefa 2 obszaru niebezpiecznego

Strefa ta obejmuje co najmniej:

- .1 obszary w obrębie 1,5 otaczające otwarte lub półzamknięte przestrzenie strefy 1; oraz
- .2 przestrzeń zawierającą przykręcony śrubami włącz do przestrzeni przyłączeniowej zbiornika. (14.4.3)

## 17.15 Systemy sterowania, monitoringu oraz bezpieczeństwa (15)

### 17.15.1 Cel (15.1)

Celem niniejszego podrozdziału jest zapewnienie systemów sterowania, monitoringu oraz bezpieczeństwa, wspierających skuteczne i bezpieczne działanie instalacji zasilanych gazem, objętych innymi rozdziałami niniejszej *Publikacji* (niniejszych wytycznych).

### 17.15.2 Wymagania funkcjonalne (15.2)

Niniejszy podrozdział powiązany jest z wymaganiami funkcjonalnymi zawartymi w 17.3.2.1, 17.3.2.2, 17.3.2.11, 17.3.2.13 to 17.3.2.15, 17.3.2.17, 17.3.2.18 oraz 17.3.2.19. Szczególne zastosowanie mają następujące postanowienie:

- .1 systemy sterowania, monitoringu i bezpieczeństwa instalacji wodorowych powinny być tak zaprojektowane, aby w przypadku pojedynczej awarii pozostała moc służąca do napędu i wytwarzania energii była zgodna z 9.3.1;
- .2 należy zapewnić system bezpieczeństwa wodoru, aby 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 ręczną;
- .3 w przypadku maszynowni chronionych systemem ESD, system bezpieczeństwa powinien zamknąć zasilanie gazem po wycieku wodoru i dodatkowo odłączyć całe wyposażenie elektryczne w pomieszczeniach maszynowych, które nie jest certyfikowane jako bezpieczne;
- .4 funkcje bezpieczeństwa powinny być zgrupowane w dedykowanym systemie bezpieczeństwa wodoru, który jest niezależny od systemu sterowania gazem, w celu uniknięcia ewentualnych awarii wywołanych wspólnymi przyczynami. Obejmuje to zasilanie energią oraz sygnały wejścia i wyjścia;
- .5 należy zapewnić systemy bezpieczeństwa włącznie z oprzyrządowaniem lokalnym, aby zapobiegać nieuzasadnionemu wyłączaniu instalacji, np. w wyniku wadliwego wykrywacza gazu lub przerwania przewodu w pętli czujnika.

### 17.15.3 Zasadnicze rozwiązania (15.3)

**17.15.3.1** Systemy sterowania, monitoringu i bezpieczeństwa niezbędne do zapewnienia bezpiecznego i niezawodnego działania instalacji wodorowej powinny być oparte na tych samych zasadach projektowania, które zastosowano do instalacji zasilania gazem LNG; jednakże powinny być rozszerzone i zaadaptować niezbędne możliwości obejmujące dodatkowe ryzyko związane ze stosowaniem gazowego wodoru. (15.3.1)

**17.15.3.2** W przypadku instalacji zasilania gazem, wielorakie scenariusze bezpieczeństwa będą skutkować odcinaniem zasilania gazem oraz izolowaniem źródeł zapłonu, tj. bezpieczeństwo w przypadku awarii takich układów spowoduje zwykle utratę funkcji zasilanych gazem. Układy maszynowe napędzane zespołami zasilanymi jedynie gazem będą wymagały zduplikowania oraz rozdzielenia, w celu zapewnienia utrzymania funkcji napędu, lub niezwłocznego jego przywrócenia, także w przypadku awarii lub zadziałania funkcji bezpieczeństwa, które skutkują odcięciem jednego z zespołów. Ta ogólna filozofia projektowania powinna być także stosowana do systemu sterowania, monitoringu i bezpieczeństwa, a zasadnicze rozwiązanie takich systemów powinno, dla każdego ze zduplikowanych systemów zasilania wodorem, składać się:

- .1 z dedykowanego systemu zapewniającego normalne sterowanie i monitoring urządzenia wodorowego, oraz
- .2 z redundantnego systemu bezpieczeństwa zapewniającego bezpieczeństwo instalacji wodorowej. (15.3.1)

**17.15.3.3** Sprawdzoną zasadą projektowania jest to, że systemy bezpieczeństwa powinny być niezależne od systemów sterowania i monitoringu, stanowiąc w ten sposób niezależne bariery oraz zapewniając tolerancję błędów, aby zapobiec awarii lub zakłóceniu procesu prowadzącym do zagrożenia. W przypadku każdego ze zduplikowanych systemów zasilania wodorem, system bezpieczeństwa powinien mieć redundancję, tak aby zapewnić to, że także w przypadku awarii w obrębie systemu bezpieczeństwa, której skutkiem może być odcięcie zasilania gazem, system ten nadal działa aby zapewnić funkcje bezpieczeństwa, włącznie z wykrywaniem gazu oraz sygnalizacją alarmową, także dla linii zasilania gazem, której dotyczy awaria. (15.3.3)

**17.15.3.4** Zasilanie wodorem może być wykorzystywane jako paliwo w różnych układach systemu, np. w ogniwach paliwowych lub potencjalnie bezpośrednio w silnikach spalinowych. W zależności od finalnego zastosowania, wyżej opisany układ systemów sterowania, monitoringu i bezpieczeństwa może być połączony z odpowiadającymi funkcjami związanymi z pomieszczeniem ogniwa paliwowego/maszynowni. (15.3.4)

**17.15.3.5** W przypadku układów dwupaliwowych, tzn. gdy wodór nie jest jedynym źródłem energii dla ważnych instalacji statku, powinny mieć zastosowanie te same zasady jakie dotyczą dwupaliwowych instalacji LNG. Ogólnie zakłada się wówczas, że w przypadku awarii zasilania paliwem gazowym lub jego odcięcia, przełączenie i dalsze działanie przy zastosowaniu innego paliwa zapewni wymaganą dostępność systemu napędowego. W przypadku układów paliwa wodorowego, należy jednak ocenić czy dalsza eksploatacja z wykorzystaniem paliwa alternatywnego jest bezpieczna, jeśli przyczyna zmiany paliwa związana była z wyciekami gazu oraz wynikającym stąd ryzykiem wybuchu. (15.3.5)

**17.15.3.6** Należy zainstalować odpowiednie oprzyrządowanie, pozwalające na miejscowy oraz zdalny odczyt ważnych parametrów, tak aby zapewnić bezpieczne zarządzanie wszystkimi urządzeniami paliwa gazowego, włącznie z jego bunkrowaniem. (15.3.6)

**17.15.3.7** System bezpieczeństwa powinien być niezależny od systemu sterowania i monitoringu. (15.3.7)

#### **17.15.4** *Wykrywanie gazu i pożaru* (15.4)

**17.15.4.1** Specyficzne właściwości gazowego wodoru oraz związane z nim ryzyka, wymagają wczesnego i dokładnego ciągłego monitorowania wycieków gazu lub wykrywania pożaru, degradacji lub utraty barier bezpieczeństwa (np. wentylacji) oraz uruchomienia odpowiednich działań funkcji bezpieczeństwa (wyłączenie, odcięcie źródeł zapłonu). (15.4.1)

**17.15.4.2** Zasady wykrywania gazu powinny być oparte na różnorodności, tzn. należy stosować kombinacje różnych zasad wykrywania, aby zapewnić właściwe uwzględnienie różnych scenariuszy wycieku w określonych miejscach. Może to oznaczać stosowanie detektorów punktowych, liniowych, ewentualnie uzupełnionych skutecznymi metodami alternatywnymi, takimi jak np. detekcja akustyczna. W przypadku koncentracji gazu wodorowego dolna granica palności (LFL) jest bardzo niska, a zasady wykrywania powinny zapewniać wczesne ostrzeżenie przy bardzo niskich poziomach stężenia, patrz 8 oraz 7.1. Należy ustalić zasady wyboru, aby zachować równowagę pomiędzy potrzebą wczesnego wykrycia z ryzykiem niepotrzebnego wyłączenia. (15.4.2)

**17.15.4.3** W przypadku wykrywania pożaru, zastosowanie powinny mieć właściwie te same zasady; należy wykorzystywać różne metody wykrywania, aby zapewnić wczesne wykrycie pożaru (płomienia/dymu/gorąca) oraz potencjalnie alternatywne metody. (15.4.3)

**17.15.4.4** Powinno się należycie przeanalizować fizyczny układ pomieszczeń, przestrzeni oraz obszarów, które mogą być narażone na wyciek gazu lub pożar oraz zastosować detektory działające w oparciu o różne metody wykrywania, aby zapewnić wczesne i dokładne wykrywanie. (15.4.4)

**17.15.4.5** Powinno się zwrócić należyłą uwagę na właściwe środki bezpieczeństwa, aby zapobiec tworzeniu się mieszanki wybuchowej w przypadku wycieku wodoru, włącznie z:

- .1 instalacją detektorów wodoru wykrywających ewentualne przemieszczanie się niskotemperaturowego gazowego wodoru przy pokładzie oraz obecność ciepłego gazowego wodoru w wysoko położonych miejscach; oraz
- .2 zastosowaniem najlepszych praktyk dotyczących magazynowania na lądzie skroplonego wodoru, z uwzględnieniem odpowiednich wytycznych, takich jak "Cryogenics Safety Manual – Fourth Edition (1998) (Podręcznik bezpieczeństwa kriogenicznego, ed. 4)". (15.4.5)

**17.15.4.6** Wykrycie wycieku gazu lub utrata/pogorszenie wentylacji powinno powodować natychmiastowe odcięcie przepływu wodoru oraz odizolowanie źródeł zapłonu w rejonach objętych awarią. W celu umożliwienia kontynuacji działania innej linii napędu oraz powiązanego z nią systemu zasilania wodorem po odcięciu przepływu wodoru, należy dokładnie monitorować potencjalne przestrzenie, z których gazowy wodór może się rozprzestrzeniać do działających pomieszczeń maszynowych. (15.4.6)

**17.15.4.7** W przypadku układów zasilanych LNG, wykrycie pożaru nie uruchamia żadnego z działań funkcji bezpieczeństwa; pożar będzie sygnalizowany, a załoga podejmuje decyzję dotyczącą niezbędnych działań (np. ręczne wyłączenie oraz odcięcie źródeł zapłonu oraz uruchomienie ewentualnych środków zwalczania pożaru). W przypadku instalacji wodorowych, ryzyka związane z wyciekami gazowego wodoru prawdopodobnie czynią koniecznym zainicjowanie automatycznych działań po wykryciu pożaru – przy użyciu podobnych środków, jak w przypadku wykrycia gazu, tzn. zamknięcie zasilania/dopływu gazu oraz odcięcie źródeł zapłonu. Wykrywanie pożaru w pomieszczeniach i obszarach, w których może być obecny wodór, powinno być częścią ogólnego okrętowego systemu wykrywania pożaru. Jednakże, ze względu na zwiększone ryzyka związane w wyciekami wodoru, system wykrywania pożaru powinien mieć redundancję, tak aby zapewnić że pojedyncza awaria w systemie wykrywania pożaru nie pogorszy zdolności wykrywania pożaru, włącznie z dalszymi działaniami funkcji bezpieczeństwa oraz alarmowaniem. (15.4.7)

**17.15.4.8** Detektory pożaru stosowane do wykrywania pożaru wodoru powinny być dobrane po należytym rozpatrzeniu, uwzględniającym właściwości pożaru wodoru i zgodnie z wymaganiami Administracji. Należy zwrócić uwagę na niewidzialny charakter pożaru wodoru. (15.4.8)

**17.15.4.9** Sygnały alarmowe związane z wykrywaniem obecności gazu oraz pożaru powinny być kierowane zarówno na mostek nawigacyjny jak i do centrali manewrowo-kontrolnej oraz lokalnie do właściwych miejsc. (15.4.9)

**17.15.4.10** Należy przewidzieć ręczne przyciski wyłączania, tj. na mostku, w centrali manewrowo-kontrolnej oraz w stacji bunkrowania. (15.4.10)

## **17.15.5** *Monitorowanie instalacji zasilania paliwem* (15.5)

**17.15.5.1** Instalacja zasilania paliwem powinna być wyposażona w zabezpieczenie przed nadciśnieniem, które podaje sygnał alarmowy dźwiękowy i wizualny w przypadku nadciśnienia. (15.5.1)

**17.15.5.2** W przypadku wyposażenia związanego z instalacją zasilania paliwem powinny być monitorowane następujące parametry, z podaniem dźwiękowego i wizualnego sygnału alarmowego przy przekroczeniu wartości granicznych:

- .1 Wysokie ciśnienie na wylocie z wymiennika ciepła paliwa;
- .2 Wysokie ciśnienie na wylocie ze sprężarki paliwa;
- .3 Niskie ciśnienie na wlocie do sprężarki;
- .4 Wysokie i niskie ciśnienie na wlocie do sprężarki paliwa;
- .5 Niskie ciśnienie oraz wysoka temperatura oleju sprężarki; oraz
- .6 Nieprawidłowe zamykanie głównego zaworu paliwa. (15.5.3)

**17.15.6** *Monitorowanie skroplonego paliwa* (15.6)

**17.15.6.1** Pomieszczenie, w którym może wystąpić wyciek skroplonego paliwa powinno być wyposażone w szybki detektor skroplonego paliwa. (15.6.1)

**17.15.7** *Monitorowanie linii bunkrowania* (15.6bis)

**17.15.7.1** Jeżeli linie bunkrowania są zainstalowane w przestrzeniach zamkniętych innych niż pomieszczenia mieszkalne, stanowiska dowodzenia lub pomieszczenia służbowe zgodnie z 17.8.3.6, atmosfera w przestrzeni pierścieniowej (próżnia lub gaz obojętny) powinna być monitorowana przez specjalne czujki. (15.6bis.1)

**17.15.7.2** W przypadku niemożności utrzymania atmosfery w przestrzeni pierścieniowej linii bunkrowania o podwójnej ścianie, powinien zostać podany alarm wizualny i dźwiękowy. (15.6bis.2)

**17.15.8** *Monitorowanie wentylacji* (15.7)

**17.15.8.1** Każda utrata wymaganej wydajności wentylacyjnej powinna uruchamiać dźwiękowy i wizualny sygnał alarmowy na mostku nawigacyjnym lub w stale obsadzonym centralnym postęrnku dowodzenia lub centrum bezpieczeństwa. (15.7.1)

## INFORMACJA OGÓLNA – WŁAŚCIWOŚCI WODORU

Poniższa tabela pochodzi z *Tymczasowych zaleceń dotyczących przewozu skroplonego wodoru luzem (Interim Recommendations for Carriage of Liquefied Hydrogen in Bulk)* Rezolucja MSC.420(97), przyjęta 25 listopada 2016 r..

### Porównanie fizycznych właściwości wodoru i metanu

	WODÓR	METAN	Odniesienia
Temperatura wrzenia (K)*	20,3	111,6	ISO/TR 15916:2015, <i>Podstawowe zagadnienia dot. bezpieczeństwa systemów wodorowych (Basic consideration for the safety of hydrogen systems)</i> , Załącznik A, Tabela A.3
Gęstość w stanie ciekłym (kg/m <sup>3</sup> )*	70,8	422,5	ISO/TR 15916:2015, <i>Podstawowe zagadnienia dot. bezpieczeństwa systemów wodorowych (Basic consideration for the safety of hydrogen systems)</i> , Załącznik A, Tabela A.3
Gęstość w stanie gazowym (kg/m <sup>3</sup> )** (Powietrze: 1,198)	0,084	0,668	Narodowy Instytut Standaryzacji i Technologii (National Institute of Standards and Technology (NIST)) RefProp database
Lepkość (g/cm s × 10 <sup>-6</sup> ) Gaz	8,8	10,91	

	WODÓR	METAN	Odniesienia
Ciecz	13,49	116,79	Narodowy Instytut Standaryzacji i Technologii (National Institute of Standards and Technology (NIST)) RefProp database
Temperatura płomienia w powietrzu (°C)	2396	2230	Obliczenia przy wykorzystaniu mechanizmu Cantera oraz GRI 3.0
Maksymalna szybkość spalania (m/s)	3,15	0,385	Obliczenia przy wykorzystaniu mechanizmu Cantera oraz GRI 3.0
Ciepło parowania (J/g)*	454,6	510,4	ISO/TR 15916:2015, <i>Podstawowe zagadnienia dot. bezpieczeństwa systemów wodorowych (Basic consideration for the safety of hydrogen systems)</i> , Załącznik A, Tabela A.3
Dolna granica palności (% udziału objętościowego)***	4,0	5,3	ISO/TR 15916:2015, <i>Podstawowe zagadnienia dot. bezpieczeństwa systemów wodorowych (Basic consideration for the safety of hydrogen systems)</i> , Załącznik B, Tabela B.2
Górna granica palności (% udziału objętościowego)***	77,0	17,0	ISO/TR 15916:2015, <i>Podstawowe zagadnienia dot. bezpieczeństwa systemów wodorowych (Basic consideration for the safety of hydrogen systems)</i> , Załącznik B, Tabela B.2
Minimalna energia zapłonu (mJ)***	0,017	0,274	ISO/TR 15916:2015, <i>Podstawowe zagadnienia dot. bezpieczeństwa systemów wodorowych (Basic consideration for the safety of hydrogen systems)</i> , Załącznik B, Tabela B.2
Temperatura samozapłonu (K)***	858	810	ISO/TR 15916:2015, <i>Podstawowe zagadnienia dot. bezpieczeństwa systemów wodorowych (Basic consideration for the safety of hydrogen systems)</i> , Załącznik B, Tabela B.2
Toksyczność	Brak	Brak	
Temperatura w punkcie krytycznym (K)	33,19****	190,55	<b>Wodór:</b> ISO/TR 15916:2015, <i>Podstawowe zagadnienia dot. bezpieczeństwa systemów wodorowych (Basic consideration for the safety of hydrogen systems)</i> , Załącznik A, Tabela A.1 <b>Metan:</b> Japońskie Towarzystwo Inżynierów Mechaników (The Japan Society of Mechanical Engineers), Książka danych technicznych, Termofizyczne właściwości cieczy (1983)
Ciśnienie bezwzględne w punkcie krytycznym (kPa)	1315****	4595	<b>Wodór:</b> ISO/TR 15916:2015, <i>Podstawowe zagadnienia dot. bezpieczeństwa systemów wodorowych (Basic consideration for the safety of hydrogen systems)</i> , Załącznik A, Tabela A.1 <b>Metan:</b> Japońskie Towarzystwo Inżynierów Mechaników (The Japan Society of Mechanical Engineers), Książka danych technicznych, Termofizyczne właściwości cieczy (1983)

**Uwagi:**

- \* W ich normalnym punkcie wrzenia do celów porównawczych.
- \*\* Przy normalnej temperaturze i ciśnieniu.
- \*\*\* Właściwości zapłonu i spalania dla mieszanin powietrza w temp. 25°C i ciśnieniu bezwzględnym 101,3 kPa.
- \*\*\*\* Wodór normalny.



## ZAŁĄCZNIK 1

### STANDARD DOTYCZĄCY STOSOWANIA METODOLOGII STANÓW GRANICZNYCH PODCZAS PROJEKTOWANIA SYSTEMÓW MAGAZYNOWANIA PALIWA O NOWATORSKIEJ KONFIGURACJI (Kodeks IGC – Załącznik)

#### 1 POSTANOWIENIA OGÓLNE

**1.1** Celem niniejszego standardu jest przedstawienie procedur oraz odpowiednich parametrów projektowania metodą stanów granicznych systemów magazynowania paliwa o nowatorskiej konfiguracji, zgodnie z podrozdziałem 6.4.16.

**1.2** Projektowanie metodą stanów granicznych stanowi usystematyzowane podejście, w którym każdy element konstrukcji jest oceniany pod kątem możliwych trybów awarii związanych z warunkami projektowymi, określonymi w 6.4.1.6. Stan graniczny może być zdefiniowany jako stan, po przekroczeniu którego konstrukcja lub jej część nie spełnia wymagań przepisów.

**1.3** Stany graniczne dzieli się na trzy następujące kategorie:

- .1 stany graniczne nośności (ULS), które odpowiadają maksymalnej zdolności przenoszenia obciążeń lub, w niektórych przypadkach, maksymalnemu stosowanemu naprężeniu, odkształceniu lub utracie stabilności konstrukcji wynikającej z wyboczenia lub opadnięcia plastycznego, w stanie nienaruszonym (nieuszkodzonym);
- .2 stany graniczne zmęczenia (FLS), które odpowiadają degradacji pod wpływem obciążenia cyklicznego; oraz
- .3 stany graniczne awarii (ALS), które dotyczą odporności konstrukcji w sytuacjach awaryjnych.

**1.4** Powinny być spełniane wymagania 6.4.1 do 6.4.14, jeśli mają zastosowanie, w zależności od koncepcji systemu magazynowania paliwa.

#### 2 FORMAT PROJEKTOWANIA

**2.1** Format projektowania w niniejszym standardzie oparty jest na formacie projektowania współczynników obciążenia i odporności (Load and Resistance Factor Design). Podstawową zasadą formatu projektowania współczynników obciążenia i odporności jest sprawdzenie, czy skutki obciążeń projektowych  $L_d$  nie przekraczają projektowych nośności  $R_d$  dla żadnego z rozpatrywanych trybów awarii w jakimkolwiek scenariuszu:

$$L_d < R_d$$

Obciążenie projektowe  $F_{dk}$  uzyskuje się mnożąc obciążenia charakterystyczne przez współczynnik obciążenia właściwy dla danej kategorii obciążenia:

$$F_{dk} = \gamma_f \cdot F_k$$

gdzie:

$\gamma_f$  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. naprężenia, przemieszczenia oraz drgania) jest najbardziej niekorzystnym łącznym skutkiem obciążeń wyprowadzonych z obciążeń projektowych i może być wyrażony wzorem:

$$L_d = q(F_{d1}, F_{d2}, \dots, F_{dN})$$

gdzie  $q$  oznacza funkcjonalną zależność między obciążeniem a skutkiem obciążenia, określoną na podstawie analiz konstrukcji.

Odporność projektowa  $R_d$  określana jest następująco:

$$R_d = \frac{R_k}{\gamma_R \cdot \gamma_C}$$

gdzie:

$R_k$  jest odpornością charakterystyczną. W przypadku materiałów objętych rozdziałem 7 może to być, między innymi, określona minimalna granica plastyczności, określona minimalna wytrzymałość na rozciąganie, wytrzymałość plastyczna przekrojów oraz krańcowa wytrzymałość na wyboczenie;

$\gamma_R$  jest współczynnikiem odporności, określonym jako  $\gamma_R = \gamma_m \cdot \gamma_s$ ;

$\gamma_m$  jest częściowym współczynnikiem odporności uwzględniającym rozkład probabilistyczny właściwości materiału (współczynnik materiałowy);

$\gamma_s$  jest częściowym współczynnikiem odporności uwzględniającym niepewności dotyczące wytrzymałości konstrukcji, takie jak jakość konstrukcji, metoda brana pod uwagę przy określaniu wytrzymałości, w tym dokładności analizy; oraz

$\gamma_C$  jest współczynnikiem klasy skutków, który uwzględnia potencjalne skutki awarii, w odniesieniu do wycieku paliwa oraz możliwych obrażeń osób.

**2.2** Projekt systemu magazynowania paliwa powinien uwzględniać potencjalne skutki awarii. W tabeli 1 podano definicje klas skutków, w celu określenia skutków awarii, gdy tryb awarii związany jest ze stanem granicznym nośności, stanem granicznym zmęczenia lub stanem granicznym awarii.

**Tabela 1: Klasy skutków**

Klasa skutków	Definicje
Niska	Awaria oznacza niewielki wyciek paliwa
Średnia	Awaria oznacza wyciek paliwa oraz potencjalne obrażenia osób
Wysoka	Awaria oznacza znaczny wyciek paliwa oraz duże prawdopodobieństwo odniesienia obrażeń/śmierci osób

### 3 WYMAGANE ANALIZY

**3.1** Trójwymiarowe analizy metodą elementów skończonych należy przeprowadzić jako zintegrowany model zbiornika i kadłuba statku, łącznie z podporami oraz systemem mocującym zbiornik, jeśli ma zastosowanie. Należy zidentyfikować wszystkie tryby awarii, aby uniknąć nieoczekiwanych awarii. Należy przeprowadzić analizy hydrodynamiczne, aby określić przyspieszenia i ruchy statku na falach nieregularnych oraz reakcji statku i jego systemów magazynowania paliwa na te siły i ruchy.

**3.2** Analizy wytrzymałości na wyboczenie zbiorników paliwa poddanych ciśnieniu zewnętrznemu i innym obciążeniom powodującym naprężenia ściskające należy przeprowadzić zgodnie z uznanymi normami. Metoda analizy powinna stosownie uwzględniać różnice między teoretycznymi a rzeczywistymi naprężeniami wyboczeniowymi wynikającymi, odpowiednio, z braku płaskości płyty, braku wyrównania krawędzi płyty, prostoliniowości, owalności oraz odchylenia od rzeczywistego kształtu kołowego na określonym łuku lub długości cięciwy.

**3.3** Analizę wytrzymałości zmęczeniowej i propagacji pęknięć należy przeprowadzić zgodnie z punktem 5.1 niniejszego standardu.

## 4 STANY GRANICZNE NOŚNOŚCI

**4.1** Odporność konstrukcji można ustalić na podstawie badań lub pełnej analizy uwzględniającej zarówno sprężyste, jak i plastyczne właściwości materiału. Marginesy bezpieczeństwa wytrzymałości granicznej należy wprowadzać poprzez częściowe współczynniki bezpieczeństwa uwzględniające stochastyczny charakter obciążeń i odporności (obciążenia dynamiczne, obciążenia ciśnieniowe, obciążenia grawitacyjne, wytrzymałość materiału oraz wytrzymałość na wyboczenia).

**4.2** W analizie należy uwzględnić odpowiednie kombinacje obciążeń stałych, funkcjonalnych oraz środowiskowych, z uwzględnieniem obciążeń od ruchu cieczy w zbiorniku (sloshing). Do oceny stanów granicznych nośności należy zastosować co najmniej dwie kombinacje obciążeń ze współczynnikami częściowymi obciążeń, jak podano w tabeli 2.

**Tabela 2: Współczynniki częściowe obciążeń**

Kombinacja obciążeń	Obciążenia stałe	Obciążenia funkcjonalne	Obciążenia środowiskowe
'a'	1,1	1,1	0,7
'b'	1,0	1,0	1,3

Współczynniki obciążenia dla obciążeń stałych i funkcjonalnych w kombinacji obciążeń 'a' są odpowiednio dla normalnie dobrze kontrolowanych i/lub określonych obciążeń mających zastosowanie do systemów magazynowania paliwa, takich jak prężność par, ciężar paliwa, ciężar własny systemu, itp. Wyższe współczynniki obciążenia mogą być odpowiednie w przypadku obciążeń stałych i funkcjonalnych, jeżeli specyficzna zmienność i/lub niepewność w modelach prognozowania są wyższe.

**4.3** W przypadku obciążeń od ruchu cieczy w zbiorniku (sloshing), w zależności od wiarygodności metody szacowania, Administracja może wymagać większego współczynnika obciążenia.

**4.4** W przypadkach, gdy uważa się, że awaria konstrukcji systemu magazynowania paliwa pociąga za sobą duży potencjał odniesienia obrażeń przez ludzi oraz znacznego wycieku paliwa, współczynnik klasy skutków należy przyjmować jako  $\gamma_c = 1,2$ . Wartość ta może zostać zmniejszona, jeśli jest to uzasadnione analizą ryzyka i pod warunkiem zatwierdzenia przez Administrację. Analiza ryzyka powinna uwzględniać czynniki, w tym co najmniej zapewnienie pełnej lub częściowej bariery wtórnej chroniącej konstrukcję kadłuba przed wyciekami i mniejszymi zagrożeniami związanymi z przewożonym paliwem. I odwrotnie, Administracja może ustalić wyższe wartości, na przykład, dla statków przewożących paliwa bardziej niebezpieczne lub paliwa o wyższym ciśnieniu. Współczynnik klasy skutków w żadnym przypadku nie może być mniejszy niż 1,0.

**4.5** Stosowane współczynniki obciążenia oraz współczynniki odporności powinny być takie, aby poziom bezpieczeństwa był równoważny poziomowi bezpieczeństwa systemu magazynowania paliwa, opisanemu w podrozdziałach 6.4.2.1 do 6.4.2.5. Można to wykonać kalibrując współczynniki względem znanych udanych projektów.

**4.6** Współczynnik materiałowy  $\gamma_m$  powinien zasadniczo odzwierciedlać rozkład statystyczny właściwości mechanicznych materiału i należy go interpretować w połączeniu z określonymi charakterystycznymi właściwościami mechanicznymi. W przypadku materiałów określonych w rozdziale 6, współczynnik materiałowy  $\gamma_m$  można przyjąć:

- 1** gdy charakterystyczne właściwości mechaniczne określone przez Administrację zazwyczaj reprezentują dolny 2,5% kwantyl w statystycznym rozkładzie właściwości mechanicznych; lub

- .2 gdy charakterystyczne właściwości mechaniczne określone przez Administrację reprezentują wystarczająco mały kwantyl, taki że prawdopodobieństwo wystąpienia niższych właściwości mechanicznych niż określone jest ekstremalnie niskie i można je pominąć.

**4.7** Współczynniki częściowe odporności  $\gamma_{si}$  powinny być zasadniczo określone na podstawie niepewności co do wytrzymałości konstrukcji, biorąc pod uwagę tolerancje wykonania konstrukcji, jakości konstrukcji, dokładności zastosowanych metod analizy, itp.

**4.7.1** W przypadku projektowania w celu zapobieżenia nadmiernym odkształceniom plastycznym, z zastosowaniem kryteriów stanu granicznego podanych w punkcie 4.8 niniejszego standardu, współczynniki częściowe odporności  $\gamma_{si}$  należy przyjmować w następujący sposób:

$$\gamma_{s1} = 0,76 \cdot \frac{B}{\kappa_1}$$

$$\gamma_{s2} = 0,76 \cdot \frac{D}{\kappa_2}$$

$$\kappa_1 = \text{Min}\left(\frac{R_m}{R_e} \cdot \frac{B}{A}; 1,0\right)$$

$$\kappa_2 = \text{Min}\left(\frac{R_m}{R_e} \cdot \frac{D}{C}; 1,0\right)$$

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.

Podane powyżej współczynniki częściowe odporności są wynikami kalibracji dla konwencjonalnych zbiorników niezależnych typu B.

## 4.8 Projektowanie na stan graniczny nadmiernych odkształceń plastycznych

**4.8.1** Podane niżej kryteria akceptacji naprężeń odnoszą się do analiz naprężeń sprężystych.

**4.8.2** Części systemów magazynowania paliwa, w których obciążenia są przenoszone głównie przez reakcję 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:

$\sigma_m$  = podstawowe zredukowane ogólne naprężenia membranowe

$\sigma_L$  = podstawowe zredukowane lokalne naprężenia membranowe

$\sigma_b$  = podstawowe zredukowane naprężenia zginające

$\sigma_g$  = zredukowane naprężenia wtórne

$$f = \frac{R_e}{\gamma_{s1} \cdot \gamma_m \cdot \gamma_C}$$

$$F = \frac{R_e}{\gamma_{s2} \cdot \gamma_m \cdot \gamma_C}$$

### Uwaga wyjaśniająca:

Sumowanie naprężeń opisane powyżej należy przeprowadzić poprzez zsumowanie każdej składowej naprężenia ( $\sigma_x, \sigma_y, \tau_{xy}$ ), a następnie na podstawie otrzymanych składowych naprężeń 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 systemów magazynowania paliwa, w których obciążenia są przenoszone głównie przez zginanie wiązarów, usztywnień i płyt, powinny spełniać następujące kryteria stanu granicznego:

$$\sigma_{ms} + \sigma_{bp} \leq 1,25F \text{ (patrz uwagi 1, 2)}$$

$$\sigma_{ms} + \sigma_{bp} + \sigma_{bs} \leq 1,25F \text{ (patrz uwaga 2)}$$

$$\sigma_{ms} + \sigma_{bp} + \sigma_{bs} + \sigma_{bt} + \sigma_g \leq 3,0F$$

Uwaga 1: suma zredukowanych naprężeń membranowych przekroju oraz zredukowanych naprężeń membranowych w konstrukcji głównej ( $\sigma_{ms} + \sigma_{bp}$ ) będzie zwykle dostępna bezpośrednio z trójwymiarowych analiz metodą elementów skończonych.

Uwaga 2: Współczynnik 1,25 może być modyfikowany przez Administrację, biorąc pod uwagę koncepcję projektową, konfigurację konstrukcji oraz metodologię stosowaną do obliczania naprężeń.

gdzie:

$\sigma_{ms}$  = zredukowane naprężenia membranowe przekroju w konstrukcji głównej;

$\sigma_{bp}$  = zredukowane naprężenia membranowe w konstrukcji głównej oraz naprężenia w konstrukcji pomocniczej i trzeciorzędnej wywołane zginaniem konstrukcji głównej;

$\sigma_{bs}$  = naprężenia zginające przekroju w konstrukcji pomocniczej oraz naprężenia w konstrukcji trzeciorzędnej spowodowane zginaniem konstrukcji pomocniczej;

$\sigma_{bt}$  = naprężenia zginające przekroju w konstrukcji trzeciorzędnej;

$\sigma_g$  = zredukowane naprężenia wtórne.

$$f = \frac{R_e}{\gamma_{s1} \cdot \gamma_m \cdot \gamma_c}$$

$$F = \frac{R_e}{\gamma_{s2} \cdot \gamma_m \cdot \gamma_c}$$

Naprężenia  $\sigma_{ms}$ ,  $\sigma_{bp}$ ,  $\sigma_{bs}$  oraz  $\sigma_{bt}$  zostały zdefiniowane w 4.8.4.

### Uwaga wyjaśniająca:

Sumowanie naprężeń opisane powyżej należy przeprowadzić poprzez zsumowanie każdej składowej naprężenia ( $\sigma_x, \sigma_y, \tau_{xy}$ ), a następnie na podstawie otrzymanych składowych naprężeń należy obliczyć naprężenie zredukowane.

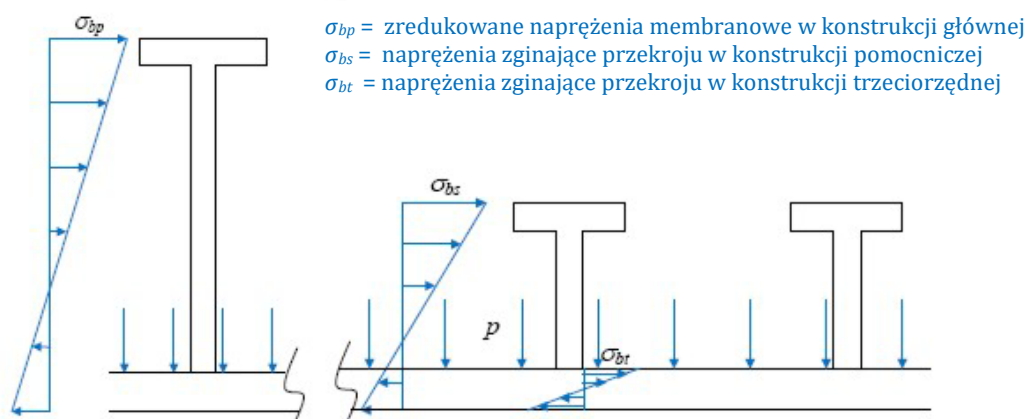
Płyty poszycia powinny być zaprojektowane zgodnie z wymaganiami Administracji. Gdy naprężenia membranowe są znaczne, należy dodatkowo odpowiednio uwzględnić wpływ naprężeń membranowych na wytrzymałość płyty na zginanie.

### 4.8.4 Kategorie naprężeń w przekroju

Naprężenia normalne są składową naprężeń prostopadłą do płaszczyzny odniesienia.

Zredukowane naprężenia membranowe w przekroju są składową naprężeń normalnych, która jest równomiernie rozłożona i równa średniej wartości naprężeń przekroju rozpatrywanej konstrukcji. W przypadku prostego przekroju kadłuba, naprężenia membranowe w przekroju są takie same jak naprężenia membranowe określone w paragrafie 4.8.2 niniejszego standardu.

Naprężenia zginające w przekroju są składową naprężeń normalnych, która jest rozłożona liniowo na przekroju konstrukcji poddanej zginaniu, jak pokazano na rys. 1.



Rys. 1: Definicja trzech kategorii naprężeń w przekroju  
(Naprężenia  $\sigma_{bp}$  oraz  $\sigma_{bs}$  mają kierunek prostopadły do przedstawionego przekroju)

**4.9** Te same współczynniki  $\gamma_C$ ,  $\gamma_m$ ,  $\gamma_{si}$  należy zastosować przy projektowaniu w celu zapobieżenia wyoboczeniu, chyba że zostało to inaczej podane w mającej zastosowanie normie dotyczącej wyoboczenia. W żadnym przypadku ogólny poziom bezpieczeństwa nie powinien być mniejszy od określonego przez te współczynniki.

## 5 STANY GRANICZNE ZMĘCZENIA

**5.1** Zmęczeniowe warunki projektowe opisane w 6.4.12.2 powinny być spełnione w zależności od koncepcji systemu magazynowania paliwa. Analiza wytrzymałości zmęczeniowej jest wymagana dla systemu magazynowania paliwa zaprojektowanego zgodnie z 6.4.16 oraz niniejszym standardem.

**5.2** Współczynniki obciążeń dla stanów FLS należy przyjmować jako równe 1,0 dla wszystkich kategorii obciążeń.

**5.3** Współczynnik klasy skutku  $\gamma_C$  oraz współczynnik odporności  $\gamma_R$  należy przyjmować jako równy 1,0.

**5.4** Uszkodzenia zmęczeniowe należy obliczać w sposób opisany w 6.4.12.2.2 do 6.4.12.2.2.5. Obliczony skumulowany współczynnik uszkodzeń zmęczeniowych dla systemów magazynowania paliwa powinien być mniejszy lub równy wartościom podanym w tabeli 3.

**Tabela 3:**

### Maksymalny dopuszczalny skumulowany współczynnik uszkodzeń zmęczeniowych

$C_w$	Klasa skutku		
	Niska	Średnia	Wysoka
	1,0	0,5	0,5*

Uwaga\*: wartość niższą należy stosować zgodnie z 6.4.12.2.7 do 6.4.12.2.9, w zależności od wykrywalności wady lub pęknięcia, itp.

**5.5** Niższe wartości mogą zostać ustalone przez Administrację.

**5.6** Analizy propagacji pęknięć są wymagane zgodnie z 6.4.12.2.6 do 6.4.12.2.9. Analizy powinny być przeprowadzone zgodnie z metodami określonymi w normie uznanej przez Administrację.

## **6 STANY GRANICZNE AWARII**

**6.1** Awaryjne warunki projektowe opisane w 6.4.12.3 powinny być spełnione jak to ma zastosowanie, w zależności od koncepcji systemu magazynowania paliwa.

**6.2** Współczynniki obciążenia i odporności można złągodzić w porównaniu ze stanem granicznym nośności, biorąc pod uwagę, że uszkodzenia i odkształcenia można zaakceptować, o ile nie spowoduje to eskalacji scenariusza awarii.

**6.3** Współczynniki obciążenia dla stanów ALS należy przyjmować jako równe 1,0 dla obciążeń stałych, obciążeń funkcjonalnych i obciążeń środowiskowych.

**6.4** Obciążenia wymienione w 6.4.9.3.3.8 oraz 6.4.9.5 nie muszą być łączone ze sobą ani z obciążeniami środowiskowymi, jak określono w 6.4.9.4.

**6.5** Współczynnik wytrzymałości  $\gamma_R$  należy ogólnie przyjmować jako równy 1,0.

**6.6** Współczynniki klasy skutku  $\gamma_C$  należy ogólnie przyjmować jak określono w punkcie 4.4 niniejszego standardu, ale mogą być złągodzone, biorąc pod uwagę charakter scenariusza awarii.

**6.7** Wytrzymałość charakterystyczną  $R_k$  należy ogólnie przyjmować jako stan graniczny nośności, ale może być złągodzona, biorąc pod uwagę charakter scenariusza awarii.

**6.8** Dodatkowe mające zastosowanie scenariusze awarii należy określić na podstawie analizy ryzyka.

## **7 PRÓBY**

**7.1** Systemy magazynowania paliwa zaprojektowane zgodnie z niniejszym standardem powinny być poddane próbom w takim samym zakresie jak opisano w 16.2, stosownie do koncepcji systemu magazynowania paliwa.

**ZAŁĄCZNIK 2****OCENA RYZYKA WYMAGANA PRZEZ KODEKS IGF (IACS REC. 146))****1.1 Postanowienia ogólne**

W celu wyeliminowania lub złagodzenia ryzyk, Kodeks IGF wymaga wykonania oceny ryzyka<sup>1)</sup>. W związku z tym, kodeks wymaga, aby ocena ryzyka była podjęta z wykorzystaniem przyjętych oraz uznanych technik, a ryzyka oraz środki ich łagodzenia były dokumentowane zgodnie z wymaganiami Administracji.

<sup>1)</sup> Międzynarodowy kodeks bezpieczeństwa statków wykorzystujących gazy lub inne paliwa o niskiej temperaturze zapłonu (Kodeks IGF) – przyjęty na 95 sesji Komitetu MSC (czerwiec 2015)

Uznaje się, że istnieje wiele przyjętych oraz uznanych technik oraz środków dokumentowania oceny ryzyka. Dlatego nie jest zamierzeniem tego dokumentu ograniczać ocenę ryzyka do określonej techniki lub środków dokumentowania. Dokument ten, jednak, opisuje zalecane praktyki i przykłady, w celu spełniania wymagań Kodeksu IGF.

**1.2 Ocena ryzyka – cel**

Celem oceny ryzyka, według Kodeksu IGF, jest pomoc w “eliminowaniu lub łagodzeniu wszelkich negatywnych skutków dla osób na pokładzie, środowiska lub statku”<sup>2)</sup>. Oznacza to eliminowanie lub łagodzenie niepożądanych zdarzeń związanych z wykorzystaniem paliw o niskiej temperaturze zapłonu, które mogą wyrządzić szkodę ludziom, środowisku lub statkowi.

<sup>2)</sup> Kodeks IGF (patrz przypis 1 wyżej), Część A, Rozdział 4.1.

**1.3 Ocena ryzyka – zakres**

Kodeks IGF wymaga, aby ocena ryzyka obejmowała stosowanie paliw o niskiej temperaturze zapłonu<sup>3)</sup>. Oznacza to ocenę zasilania takim paliwem odbiorników i obejmuje:

<sup>3)</sup> Kodeks IGF (patrz przypis 1 wyżej), Część A, Rozdział 4.2, Paragraf 4.2.1.

- wyposażenie instalowane na statku służące do przyjmowania, magazynowania, kondycjonowania, jeśli to niezbędne oraz przesyłania paliwa do jednego lub większej liczby silników, kotłów lub innych odbiorników paliwa;

*Wyposażenie takie obejmuje kolektory, zawory, rury/rurociągi, zbiorniki, pompy/sprężarki, wymienniki ciepła oraz oprzyrządowanie procesowe poczynając od kolektorów bunkrowania do zasilania odbiorników paliwem.*

- wyposażenie do sterowania operacjami;  
*Przykłady: elementy regulacyjne i monitorujące ciśnienie i temperaturę, regulatory przepływu, przetworniki sygnału oraz panele sterowania.*
- wyposażenie do wykrywania, alarmowania oraz uruchamiania działań funkcji bezpieczeństwa;  
*Przykłady: detektory identyfikujące wycieki paliwa oraz wynikające z tego pożary oraz inicjujące odcinanie zasilania paliwem odbiorników.*
- wyposażenie do odpowietrzania, zapobiegania rozprzestrzenianiu się lub prowadzenia działań innych niż zamierzone (tj. poza normami procesów);



*Przykłady: linie, maszty oraz zawory odpowietrzające, zbiorniki przelewowe, wtórne obudowy i rozwiązania wentylacyjne.*

- urządzenia przeciwpożarowe oraz rozwiązania zabezpieczające powierzchnie przed pożarem, zetknięciem z paliwem oraz rozwojem pożaru;

*Przykłady: zraszacze wodne, kurtyny wodne oraz klapy pożarowe.*

- Wyposażenie do przedmuchiwania i zubożniania rurociągów paliwowych;

*Przykłady: wyposażenie do magazynowania oraz dostarczania azotu do celów przedmuchiwania/zubożniania rurociągów bunkrowania oraz wyposażenia służącego do bezpiecznego przesyłania/usuwania paliwa.*

- Obiekty i konstrukcje dla wyposażenie;

*Przykłady: przestrzenie magazynowe paliwa, przestrzenie przyłączeniowe zbiorników oraz pomieszczenia przygotowania paliwa.*

W porozumieniu z interesariuszami (np. Administracją) z zakresu można wyłączać elementy, które już wcześniej były poddane ocenie ryzyka, pod warunkiem że nie wprowadzono zmian do "kontekstu stosowania" oraz uwzględnione zostaną środki łagodzące przyjęte w wyniku poprzedniej oceny ryzyka. Może to sprzyjać zredukowaniu czasu wykonania oceny oraz włożonego wysiłku.

Określenie „kontekst stosowania” (użyte powyżej) odnosi się do różnic, takich jak różnice w projekcie lub rozplanowaniu, miejscu instalacji, trybie działania, wykorzystaniu otaczających przestrzeni, oraz liczbie i typie narażonych osób. Dla przykładu, jeśli jakiś element został umieszczony na statku towarowym na pokładzie, zmianą w „kontekście stosowania” jest zainstalowanie tego elementu pod pokładem na statku pasażerskim. Przy rozpatrywaniu „kontekstu stosowania” ważna jest świadomość, że te „różnice” mogą znacznie zmniejszyć lub zwiększyć ryzyko, czego skutkiem jest potrzeba mniejszej lub większej ilości, zmienionych lub alternatywnych środków służących eliminowaniu lub łagodzeniu ryzyka.

**W odniesieniu do skroplonego gazu ziemnego (LNG), kodeks IGF stwierdza, że ocena ryzyka „powinna być wykonana jedynie wówczas, gdy jest wyraźnie wymagana w punktach 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, jak również w punktach 4.4 i 6.8 Załącznika”<sup>4)</sup>. W związku z tym, Kodeks IGF zezwala na ograniczenie zakresu oceny ryzyka do tych punktów. Należy także zauważyć, że istnieją różnice w opiniach na temat zakresu oceny ryzyka wymaganego w tych punktach. Dlatego, przy ostatecznym ustalaniu zakresu oceny ryzyka należy uwzględnić opinie interesariuszy oraz zatwierdzenie Administracji.**

<sup>4)</sup> Kodeks IGF (patrz przypis 1 wyżej), Część A-1, Rozdział 4.2, punkt 4.2.2.

Ocena ryzyka obejmuje rozpatrzenie wyposażenia do bunkrowania zainstalowanego na statku, ale nie obejmuje operacji bunkrowania: przybycia, podejścia oraz cumowania statku, przygotowań, prób oraz podłączenia, przesyłu paliwa oraz zakończenia przesyłu i odłączania. Bunkrowanie paliwa jest przedmiotem oddzielnej oceny według ISO/TC18683 i powinno być odwołanie do odpowiednich i specjalnych wskazówek.

Kodeks IGF wymaga, aby rozpatrywano fizyczne rozplanowanie, użytkowanie oraz obsługę techniczną. Ryzyka związane z obsługą techniczną statku są typowo kontrolowane poprzez oceny ryzyka dotyczące wykonywanych czynności, przed podjęciem działań. Dlatego, rozpatrzenie obsługi technicznej ma oznaczać wysokiego stopnia analizę projektu oraz rozwiązań umożliwiających bezpieczne i odpowiednie środowisko pracy. Wymaga to rozpatrzenia, na przykład, oddzielenia

wyposażenia, wentylacji pomieszczeń, ewakuacji awaryjnej, ogrzewania i oświetlenia oraz dostępu do wyposażenia. Celem tego jest zminimalizowanie prawdopodobieństwa niepożądanych zdarzeń, skutkujących obrażeniami podczas obsługi technicznej. Dodatkowo, celem jest zminimalizowanie prawdopodobieństwa niepożądanych zdarzeń po obsłudze technicznej, wynikających z wadliwej pracy, gdzie jedną z przyczyn było niewłaściwe środowisko pracy.

Ocena ta powinna także uwzględniać zagadnienia związane z potencjalną integracją systemów, takich jak sterowanie wyposażeniem oraz kompatybilność połączeń. Jest to szczególnie ważne tam gdzie kilku interesariuszy zaangażowanych jest w osobne elementy projektowania, dostaw, budowy i montażu.

Z oceny ryzyka mogą być wyłączone ryzyka zawodowe. Stanowią one ważne zagadnienie bezpieczeństwa i oczekuje się, że będą one objęte systemem zarządzania bezpieczeństwem statku.

Zakres powinien oczywiście obejmować projekt oraz układ zainstalowany na statku. Dlatego, jeśli ocena ryzyka jest podejmowana przed zakończeniem projektowania, może ona wymagać korekty, aby zapewnić że ryzyka pozostają „złagodzone, na ile to konieczne”.

Kodeks IGF nie wspomina o okresowej nowelizacji oceny ryzyka. Należy ją podejmować po dokonaniu zmian w projekcie/układach i/lub ich działaniu oraz w odpowiedzi na zmiany w działaniu wyposażenia i środków sterowania. Pomaga to zapewnić, ryzyka przez cały okres eksploatacji system paliwowy pozostają „złagodzone, na ile to konieczne”.

Ostateczny zakres oceny ryzyka powinien być uzgodniony z odpowiednimi interesariuszami (np. z Administracją) oraz opierać się o mające zastosowanie przepisy klasyfikacyjne oraz postanowienia Kodeksu IGF.

#### 1.4 Ocena ryzyka – podejście

IMO opublikowała wytyczne dotyczące formalnej oceny ryzyka (FSA) dostarczające użytecznych informacji dotyczących podejścia i kryteriów oceny ryzyka<sup>5)</sup>. Celem tych wytycznych jest pomoc w ocenie nowych przepisów dotyczących bezpieczeństwa morskiego i ochrony środowiska. W tym względzie ocena skoncentrowana jest na kwantyfikacji ryzyka oraz analizie kosztów i korzyści, wykorzystywanych podczas podejmowania decyzji. Jest to więc użyteczne odniesienie do koncepcji IMO dotyczących oceny ryzyka i jej kryteriów. Kodeks IGF nie wymaga jednak ilościowych miar ryzyka w stosunku do ludzi, środowiska lub aktywów związanych ze stosowaniem paliwa. Ocena ryzyka wymagana jest jedynie do przedstawienia informacji mającej pomóc w określeniu, czy niezbędne są dalsze środki eliminujące ryzyka lub zapewniające że zostały one „złagodzone, na ile to konieczne”. Dlatego odpowiednie jest jakościowe lub częściowo jakościowe podejście do oceny ryzyka (tj. Jakościowa Ocena Ryzyka, QualRA<sup>6)</sup>). Nie oznacza to, że w pełni ilościowe podejście jest niewłaściwe lub że okoliczności mogą nie sprzyjać jego stosowaniu (tj. Ilościowej Ocenie Ryzyka). Istotne jest, aby ocena ryzyka była wystarczająco wnikliwa, aby zademonstrować że ryzyka zostały wyeliminowane lub „złagodzone, na ile to konieczne”.

<sup>5)</sup> Poprawione Wytyczne dotyczące formalnej oceny ryzyka do stosowania w procesie tworzenia przepisów IMO. MSC-MEPC.2/Circ.12, 8 lipca 2013.

<sup>6)</sup> W przypadku wystąpienia pewnej formy podejścia ilościowego, można je uznać za częściowo ilościowe. Takie podejścia są jednak często nazywane ilościowymi i to określenie stosowane jest w niniejszym dokumencie.

Ocena ryzyka powinna zawierać szczegóły dotyczące co najmniej:

- A. sposobu w jaki paliwo o niskiej temperaturze zapłonu mogłoby potencjalnie wyrządzić szkody – identyfikacja zagrożenia;

*Oznacza to systematyczną identyfikację niepożądanych zdarzeń, których skutkiem mogłyby być, na przykład, poważne obrażenia lub śmierć, szkody w środowisku oraz/lub utrata konstrukcyjnej wytrzymałości lub integralności statku.*

- B. potencjalna dotkliwość szkody – analiza skutków;

*Oznacza to potencjalną dotkliwość szkód (tj. skutków) wyrażonych jako, na przykład, poważne obrażenia, śmierć jednej lub wielu osób, negatywne oddziaływanie na środowisko oraz uszkodzenia konstrukcji/statku mające negatywny wpływ na bezpieczeństwo operacji.*

- C. prawdopodobieństwa szkody – analizę prawdopodobieństwa;

*Oznacza to prawdopodobieństwo lub częstotliwość z jaką szkoda może wystąpić.*

- D. miary ryzyka – analiza ryzyka;

*Oznacza to połączenie skutków (B) oraz prawdopodobieństwa (C).*

- E. ocen dotyczących przyjęcia ryzyka – ocena ryzyka.

*Miara ryzyka (D) powinna być porównana z kryteriami w celu ustalenia czy ryzyko zostało „złagodzone, na ile to konieczne”.*

Akceptowalne i uznane techniki dotyczące wymagań podanych powyżej (tj. A- oraz D) zostały opisane, na przykład, w ISO 31010<sup>7)</sup>, ISO 17776<sup>8)</sup>, ISO 16901<sup>9)</sup>, NORSOK Z-013<sup>10)</sup>, CPR 12E<sup>11)</sup>, oraz publikacjach CCPS<sup>12)</sup> i HSE<sup>13)</sup>, itp.

<sup>7)</sup> Zarządzanie ryzykiem: Techniki oceny ryzyka. IEC/ISO 31010:2009.

<sup>8)</sup> Przemysł naftowy i gazowniczy – Produkcyjne instalacje offshore – Wytyczne dotyczące narzędzi oraz technik identyfikacji zagrożeń oraz oceny ryzyka EN ISO 17776:2002.

<sup>9)</sup> Wytyczne dotyczące przeprowadzania oceny ryzyka w projektowaniu lądowych instalacji LNG włącznie z łącznikami statek/ląd ISO/TS 16901:2015.

<sup>10)</sup> Ocena ryzyka oraz gotowości na sytuacje awaryjne. NORSOK Standard Z-013, Ed. 3, Październik 2010.

<sup>11)</sup> Metody określania i przetwarzania prawdopodobieństw. CPR 12E, 1997/2005.

<sup>12)</sup> np. Wytyczne dotyczące ilościowej analizy ryzyka procesów chemicznych Centre for Chemical Process Safety, American Institute of Chemical Engineers, Second Edition, 2000.

<sup>13)</sup> np. Ocena ryzyka morskiego. Health & Safety Executive, 2001.

Poniższy podrozdział, A1.4.1, przedstawia zarys podejścia spełniającego powyższe wymagania.

#### **1.4.1 Podejście w celu spełnienia wymagań Kodeksu IGF – Jakościowa Ocena Ryzyka (QualRA)**

##### **A. Identyfikacja zagrożenia**

1. Podzielić instalację paliwową na oddzielne części ze względu na funkcje i umiejscowienie wyposażenia.

*Pozwala to na systematyczną analizę każdej części instalacji oraz na identyfikację specyficznych przyczyn powstawania niepożądanych zdarzeń związanych z poszczególnymi elementami, działaniem lub sekcją. Typowym podziałem instalacji może być, na przykład: (a) stacja bunkrowania oraz rurociągi paliwowe do zbiornika magazynowania; (b) przestrzeń magazynowa paliwa; (c) przestrzeń przyłączeniowa zbiornika; (d) pomieszczenie przygotowania paliwa; oraz (e) rurociągi paliwowe oraz zawory „regulujące” dostarczanie paliwa do silnika.*

2. Opracować zestaw słów kluczy/wyrażeń oraz przykładowych przyczyn mogących skutkować niepożądanymi zdarzeniami (np. wyciek paliwa lub awaria instalacji paliwowej, której wynikiem jest utrata mocy).

*Słowa klucze/wyrażenia oraz przykładowe przyczyny używane są jako podpowiedzi. Typowa, ale niewyczerpująca lista takich podpowiedzi została podana w Aneksie 1.*

3. Poprzez odniesienie do informacji projektowej oraz dotyczącej rozwiązań, planów rozmieszczenia, schematów przebiegu procesów, środków łagodzących oraz planowanych działań w sytuacjach awaryjnych, zastosować powyższe podpowiedzi do zidentyfikowania potencjalnych przyczyn niepożądanych zdarzeń (np. wycieki paliwa lub utrata mocy).

*Podpowiedzi wykorzystywane są do stymulowania dyskusji oraz pomysłów w ramach warsztatów prowadzonych przez moderatora z udziałem specjalistów z danego obszaru (SMEs).*

4. Sporządzić zapis potencjalnych przyczyn niepożądanych zdarzeń oraz środków łagodzących.

*Przykład arkusza zapisów lub arkusza roboczego podano w Aneksie 2. Przedstawiony arkusz roboczy wykorzystywany jest także do rejestrowania poniższych kroków B do E i stanowi część całkowitej dokumentacji oceny ryzyka.*

## **B. Analiza skutków**

5. Dla każdej zidentyfikowanej przyczyny, oszacować potencjalne skutki ze względu na, przykładowo, poważne obrażenia, śmierć jednej lub wielu osób, negatywne oddziaływanie na środowisko oraz uszkodzenia mające negatywny wpływ na bezpieczeństwo operacji.

*Potencjalne skutki mogą być szacowane przez SMEs z wykorzystaniem oceny oraz odniesień do: (a) właściwości/zagrożeń związanych z paliwem; (b) miejsca wycieku; (c) ścieżek dyspersji/wycieku; (d) umiejscowienia oraz "mocy" źródeł zapłonu; (e) bliskości wrażliwych receptorów; (f) ogólnego lub (jeśli zlecono) specyficznego modelowania pożaru oraz wybuchu; oraz (g) oczekiwanej skuteczności istniejących/planowanych środków łagodzących. W Aneksie 3 zebrano właściwości i zagrożenia związane ze skroplonym gazem ziemnym (LNG), o których mowa w (a).*

6. Skategoryzować szacunkowe skutki.

*Skutki mogą być kategoryzowane przez SMEs, w celu określenia ich dotkliwości. Dla przykładu, kategorie szkód wyrządzonych ludziom mogą rozróżniać między poważnymi obrażeniami, śmiercią jednej lub wielu osób. Przykładowe kategorie skutków zostały podane w Aneksie 4.*

## **C. Analiza prawdopodobieństwa**

7. Oszacować roczne prawdopodobieństwo wystąpienia "przyczyny oraz skutków".

*Prawdopodobieństwo może być oszacowane przez SMEs (lub odpowiednio wykwalifikowaną osobę) dla każdej pary "przyczyna-skutek" lub dla grupy przyczyn z tym samym skutkiem. Powyższe oszacowanie można przedstawiać w postaci odniesienia do sprawozdania dotyczącego wypadku oraz zdarzenia potencjalnie wypadkowego, danych dotyczących wypadku i sprzętu, analogii do wypadków w pokrewnych lub innych branżach przemysłu oraz rozpatrzenia wiarygodności i skuteczności środków łagodzących. Nie zawsze jest oczywiste, że kombinacja "przyczyna-skutek" jest wiarygodna (tzn. racjonalnie przewidywalna). Można przyjąć, że zdarzenie niepożądane może być uznane za wiarygodne jeśli:*

*(a) zdarzyło się już wcześniej i mogłoby się powtórzyć;*

*(b) nie zdarzyło się jeszcze, ale jest uznawane za możliwe z rocznym prawdopodobieństwem wystąpienia 1 na milion lub wyższym; oraz*

*(c) przygotowano się na nie, tzn. działania w sytuacjach awaryjnych obejmują takie zdarzenie lub przeprowadza się zapobiegawczo obsługę techniczną. W Aneksie 5 przedstawiono wytyczne dotyczące prawdopodobieństwa wycieków właściwych dla wyposażenia oraz operacji LNG.*

8. Skategoryzować szacunki dotyczące prawdopodobieństwa.

*Prawdopodobieństwo może być skategoryzowane przez SMEs (lub odpowiednio wykwalifikowaną osobę) w celu zapewnienia wskaźnika występowania wypadków/incydentów lub innych niepożądanych zdarzeń. W Aneksie 4 przedstawiono przykłady kategorii prawdopodobieństwa zdarzeń.*

#### **D. Analiza ryzyka**

9. Oszacować ryzyko.

*Ryzyko może być oszacowane przez SMEs (lub odpowiednio wykwalifikowaną osobę) poprzez powiązanie skutków oraz kategorii prawdopodobieństwa, w celu ustalenia gradacji ryzyka. Przykładowo, jeśli połączenie „przyczyna-skutek” zostało skategoryzowane powiedzmy jako „A”, a związane z nim prawdopodobieństwo powiedzmy jako „1”, wówczas stopień ryzyka jest oznaczony jako „A1”. W Aneksie 4 przedstawiono przykład schematu oznaczania stopni ryzyka.*

#### **E. Ocena ryzyka**

10. Ocenic, czy ryzyko zostało „złagodzone, na ile to konieczne”.

*Szacowane ryzyko może być porównane z kryteriami ryzyka wpisanymi w macierz ryzyka. Macierz ta pokazuje gradację ryzyka (ze względu na skutki oraz prawdopodobieństwo), a kryteria te pokazują czy ryzyko zostało „złagodzone, na ile to konieczne”. W Aneksie 4 przedstawiono przykład schematu gradacji ryzyka oraz powiązane kryteria ryzyka.*

W odniesieniu do D oraz E powyżej, należy zauważyć, że nie istnieją uniwersalnie uzgodnione schematy gradacji ryzyka lub kryteria ryzyka: istnieją różnice między administracjami, ustawodawcami oraz organizacjami. Dlatego, przed przystąpieniem do oceny ryzyka należy uzgodnić gradację/kryteria ryzyka z odpowiednimi interesariuszami (np. Administracją).

Należy także być świadomym, że gradacja ryzyka indywidualnych par lub grup par „przyczyna-skutek” nie stanowią wskazania zbiorowego (ogólnego) ryzyka związanego z wszystkimi potencjalnymi parami „przyczyna-skutek”. Jeśli wymagane jest ustalenie ogólnego poziomu ryzyka, można wykorzystać do tego celu QRA.

Praktycznie rzecz biorąc, oznaczenie stopnia ryzyka stanowi wskazanie, że dodatkowe lub alternatywne środki łagodzące:

- muszą być wprowadzone; lub
- muszą być rozpatrzone i wdrożone, jeśli są praktycznie możliwe i opłacalne; lub
- nie muszą być dalej rozpatrywane, poza akceptowaną dobrą praktykę zmniejszania ryzyka, tam gdzie jest to praktycznie możliwe.

W każdym z powyższych kroków czyni się wiele założeń i istnieje niepewność. Z tego względu, dobrą praktyką SMEs jest sporządzenie wykazu założeń oraz „przetestowanie” wrażliwości wyników na zmiany w każdym z powyższych kroków. Przykładowo, zmiana przypisanej kategorii skutku lub prawdopodobieństwa może spowodować zmianę stopnia ryzyka oraz oceny czy ryzyko zostało „złagodzone, na ile to konieczne”.

### 1.4.1.1 Złagodzone, na ile to konieczne

Wyrażenie „złagodzone, na ile to konieczne” stosowane jest w kodeksie IGF i jest podobne do wyrażenia „tak niskie, jak to praktycznie możliwe”, powszechnie oznaczanego jako ALARP. Zasadniczo ryzyko jest uznawane za ALARP, jeśli wprowadzono wszystkie racjonalnie wykonalne środki łagodzące. Oznacza to, że zidentyfikowano oraz wdrożono dodatkowe lub alternatywne środki, jeśli nie wykazano że są one niepraktyczne lub że koszt wdrożenia jest nieproporcjonalnie duży w stosunku do redukcji ryzyka. To rozumienie pojęcia ALARP jest ustaloną praktyką w wielu branżach przemysłu i uznawane jest przez IMO jako najlepsza praktyka <sup>14)</sup>.

<sup>14)</sup> Poprawione Wytyczne dotyczące formalnej oceny ryzyka do stosowania w procesie tworzenia przepisów IMO . MSC-MEPC.2/Circ.12, 8 lipca 2013.

W przypadku gdy „złagodzenie, na ile to konieczne” nie zostało wykazane, SMEs powinien rozważyć dodatkowe i/lub alternatywne środki łagodzące<sup>15)</sup> i ponownie ocenić ryzyko. Ryzyko nie może być „zaakceptowane” dopóki nie zostanie „złagodzone, na ile to konieczne”. W związku z tym, można podjąć dodatkowe badania, które pomogą SMEs zdecydować czy istniejące, dodatkowe lub alternatywne środki mogą przyczynić się do „złagodzenia, na ile to konieczne”.

<sup>15)</sup> W Kodeksie IGF, zarówno środki zmniejszające prawdopodobieństwo jak środki łagodzące skutki rozumiane są jako środki łagodzące (tj. łagodzą one ryzyko). W celu ujednoczenia z Kodeksem IGF, w niniejszym dokumencie powyższe rozumienie zostało utrzymane. Wiadomym jest, że w wielu innych branżach przemysłu powszechne jest stosowanie określeń „środki zapobiegawcze” oraz „środki łagodzące”, gdzie te pierwsze oznaczają zredukowanie prawdopodobieństwa, a te drugie – zmniejszenie skutków. Często środki zapobiegawcze oraz łagodzące określane są jako „zabezpieczenia” lub „bariery”.

Przy rozpatrywaniu środków łagodzących, poniższa hierarchia złagodzenia uważana jest za najlepszą praktykę:

- po pierwsze, środki zapobiegające zdarzeniom niepożądanym;  
*Oznacza to, że zdarzenie niepożądane nie może wystąpić lub że prawdopodobieństwo jego wystąpienia jest w znacznym stopniu zmniejszone;*
- po drugie, środki chroniące przed szkodą spowodowaną wystąpieniem zdarzenia niepożądanego.  
*Oznacza to, że zmniejszono skutki po wystąpieniu zdarzenia niepożądanego.*

Ponadto, przy rozpatrywaniu środków łagodzących dobrą praktyką jest **preferowanie rozwiązań inżynierskich zamiast kontroli proceduralnych**. Pomaga to promować projekty z natury bezpieczne. Poza tym, dobrą praktyką jest **rozważenie środków pasywnych zamiast środków aktywnych**. Dla przykładu, środkiem pasywnym jest taki, w którym do funkcjonowania na życzenie i zgodnie z zamierzeniami nie jest wymagane działanie ręczne ani automatyczne. Środek aktywny wymaga natomiast zastosowania pewnych środków aktywacji, aby mógł działać. Zarówno pasywne jak i aktywne środki mogą być wymagane w celu wykazania, że ryzyko zostało „złagodzone, na ile to konieczne”. W Aneksie 6 przedstawiono przykłady środków łagodzących.

Aby dopomóc w ocenie czy środki łagodzące są skuteczne, może być użyteczne zilustrowanie lub zmapowanie drogi od „przyczyny” do „skutku” oraz poddanie przeglądowi skuteczności środków łagodzących. W Aneksie 7 przedstawiono przykład takiego mapowania oraz przeglądu.

To czy pojedynczy środek łagodzący czy też ich zbiór jest praktyczny oraz opłacalny kosztowo jest pod pewnymi względami powiązane z dostępnymi zasobami oraz umiejętnościami. Jeśli SEMs nie potrafią podjąć decyzji, wówczas może być pomocna analiza korzyści finansowych. W każdym przypadku niewdrożenia środka łagodzącego należy sporządzić udokumentowane uzasadnienie, jeżeli SEMs ocenili taki środek jako praktyczny i opłacalny kosztowo.

## 1.5 Ocena ryzyka – zespół

Zespół przeprowadzający ocenę ryzyka powinien obejmować specjalistów z danego obszaru (SMEs), którzy razem posiadają odpowiednie kwalifikacje i doświadczenie. W przypadku QualRA wspomnianej wyżej oznacza to, że zespół roboczy obejmuje osoby, które posiadają odpowiednie stopnie kwalifikacji i/lub są dyplomowanymi/zawodowymi inżynierami, posiadają doświadczenie w eksploatacji statków oraz doświadczenie w ocenie ryzyka. Takie kwalifikacje oraz doświadczenie powinny dotyczyć właściwych dyscyplin obejmujących projektowanie konstrukcji oraz bezpieczne stosowanie paliwa.

Nie jest możliwe, aby jeden SME spełniał powyższe wymagania dotyczące zespołu. W każdym przypadku, aby zapewnić prowadzenie dyskusji badawczych, generowanie koncepcji, kwestionowanie oraz pokrycie, na przykład, aspektów mechanicznych, procesowych, elektrycznych oraz eksploatacyjnych, typowa liczba SMEs może wynosić od czterech do ośmiu.

Oprócz SMEs, zespół powinien być prowadzony przez moderatora (nazywanego także przewodniczącym). Moderator powinien być bezstronny i nie posiadać partykularnych interesów w instalacjach paliwowych oraz mieć doświadczenie w prowadzeniu takich ocen ryzyka. Moderator może mieć wsparcie pisarza (nazywanego także sekretarzem) pomagającego w sprawozdawczości.

Czas poświęcany przez zespół zależy od uzgodnionego zakresu oraz złożoności projektów. Przykładowo, warsztaty QualRA nowego projektu mogą wymagać dwóch lub trzech dni roboczych, podczas gdy mniejsze zmiany do wcześniej już ocenionych i zatwierdzonych projektów – jedynie pół dnia.

## 1.6 Ocena ryzyka – sprawozdawczość

### 1.6.1 Sprawozdanie główne

Należy sporządzić pisemne sprawozdanie dokumentujące ocenę ryzyka. Powinno być ono wystarczająco szczegółowe, aby uzasadnić wyniki, wnioski, zalecenia oraz wszelkie podjęte działania. Wynika to z faktu, że ocena będzie podstawą ważnych decyzji projektowych i eksploatacyjnych. Ponadto, sprawozdanie stanowi zapis pomocny w wykazaniu “złagodzenia, na ile to konieczne”. Sprawozdanie zawierające jedynie wypełniony arkusz roboczy jest niewystarczające.

Specyficzna zawartość sprawozdania i jego struktura zależą od specyfiki projektu i oceny oraz preferencji odnośnie raportowania. Jednakże, w przypadku QualRA, sprawozdanie powinno zawierać:

- przegląd projektu i rozwiązań;

*Jest to proste przedstawienie projektu i rozwiązań mając na uwadze zamierzone działanie i warunki procesu. W załącznikach technicznych należy ująć schematy przebiegu procesów, ogólne plany rozmieszczenia oraz wszystkie informacje wykorzystywane podczas oceny. Jeśli zawarcie wszystkich powyższych elementów w sprawozdaniu jest zbyt niewygodne, wystarczy podać odnośniki do tego materiału, jeśli pozostaje on dostępny.*

- objaśnienie procesu oceny ryzyka;

*Jest to opis metody oceny ryzyka zawierający objaśnienie jak podzielono projekt na części w celu wykonania oceny, jak dokonano identyfikacji zagrożeń, oraz dobór skutków i kategorii prawdopodobieństwa oraz kryteriów ryzyka.*

- informacja dotycząca użytecznych kwalifikacji oraz doświadczenia zespołu;

*Może to być tabela podająca nazwiska, stanowiska, użyteczne kwalifikacje, wiedzę oraz doświadczenie wszystkich członków zespołu (włącznie z moderatorem i pisarzem). Zwykłe wyliczenie nazwisk i stanowisk jest niewystarczające.*

- ile czasu zajęło dokonanie oceny i czy SMEs byli obecni, aby wnieść swój ekspercki wkład;

*W przypadku warsztatów, może to być tabela podająca harmonogram/czas trwania oraz obecność każdego SME (tj. czy przez cały czas, czy przez część czasu, a jeżeli przez część czasu, to te części, w których dana osoba była nieobecna). Celem tego jest wykazanie, że poświęcono wystarczający czas na ocenę projektu/rozwiązania, oraz ustalenie wszystkich nieobecności SME, które mogły być istotne dla wyników, wniosków oraz działań. W przypadku każdej nieobecności SME, moderator powinien sporządzić notatkę stwierdzającą, czy miała ona negatywny wpływ na dokonane założenia i oceny.*

- wyniki oceny ryzyka oraz wnioski;

*Jest to wyliczenie lub dyskusja nad wynikami oraz ocena czy ryzyko zostało „złagodzone, na ile to konieczne”.*

- zalecenia oraz działania.

*Może to obejmować wnioski dotyczące modelowania i analizy (np. zasięg dyspersji gazu lub promieniowania cieplnego, itp.) i będzie najprawdopodobniej zawierać dodatkowe oraz alternatywne środki łagodzące, które powinny być zbadane i/lub wdrożone, osobę odpowiedzialną za to oraz, jeśli jest znana, oczekiwaną datę zakończenia. Ważne jest, aby zalecenia te oraz działania były odpowiednio udokumentowane, ponieważ będą one prawdopodobnie wykorzystane do planowania oraz monitorowania postępu działań do chwili wykonania zaleceń/działania.*

W Aneksie 8 przedstawiono przykładową zawartość sprawozdania.

### 1.6.2 Zakres kompetencji (ToR)

Przed rozpoczęciem warsztatów dobrą praktyką moderatora jest wydanie właściwej informacji zespołowi. Czasem nazywane jest to zakresem kompetencji. Pozwala to zespołowi zapoznać się przed warsztatami z projektem oraz przyjętym podejściem. Daje to także czas na wyjaśnienia oraz uzgodnienia proponowanych kategorii skutków i prawdopodobieństw oraz kryteriów ryzyka. Co ważne, daje też czas na potwierdzenie że proponowany harmonogram i skład zespołu są odpowiednie. ToR może stanowić załącznik do głównego sprawozdania.

Typowy ToR zawiera:

- cele i zakres oceny;

*Ma to na celu zapewnienie, że wszyscy członkowie zespołu rozumieją cel oceny oraz zakres wyposażenia i działań jakie ma ona obejmować.*

- opis techniczny proponowanego projektu oraz rozwiązań;

*Może on obejmować egzemplarze schematów przebiegu procesów (PFDs) lub schematyczne uszczegółowienie warunków procesów dla wyposażenia oraz rurociągów, oraz wykonany w skali rysunek rozmieszczenia przedstawiający wyposażenie i układ rurociągów, ich wymiary i umiejscowienie.*

- przegląd potencjalnych skutków wycieku paliwa;

*W przypadku paliwa LNG, można odnieść się do Aneksu 3 niniejszego załącznika.*

- technikę, która ma być stosowana;

*Obejmuje to proponowane kategorie skutków i prawdopodobieństw oraz kryteria ryzyka.*

- zamierzony harmonogram warsztatów;

*Wyznacza czas, który należy poświęcić na warsztaty oraz czas, kiedy wymagany jest wkład SME.*

- szczegóły dotyczące zespołu.

*Zawiera nazwiska i stanowiska, użyteczne kwalifikacje, wiedzę oraz doświadczenie każdego SME oraz członka zespołu/uczestnika warsztatów.*



## Aneks 1

### Podpowiedzi – słowa kluczowe oraz wyrażenia

#### Przykładowe podpowiedzi do wykorzystania w QualRA

<b>Awaria wyposażenia zawierającego paliwo* – dziura/pęknięcie prowadzące do wycieku paliwa</b>	
Zużycie	drgania, obciążenie, praca cykliczna, przedłużone stosowanie
Erozja	zanieczyszczenia w paliwie, wysoka prędkość strumienia, przedłużone stosowanie
Naprężenia i odkształcenia	drgania, obciążenie, praca cykliczna, ruchy statku, przedłużone stosowanie
Zmęczenie	drgania, obciążenie, praca cykliczna, ruchy statku, przedłużone stosowanie
Korozja	wystawienie na warunki atmosferyczne, wystawienie na wodę morską, wilgoć, zanik zasilania suchym powietrzem, stykanie się z materiałami korozyjnymi
Zderzenie	statek zderza się z innym statkiem, uderza w skały, uderza w nabrzeże lub pomost
Wejście na mieliznę	statek wchodzi na mieliznę
Uderzenie	upuszczony przedmiot (np. podczas obsługi technicznej lub załadunku), runięcie konstrukcji wsporczej, niewłaściwa operacja podczas załadunku/obsługi technicznej
Pożar	zapłon materiałów palnych, pożar w przyległych pomieszczeniach/rejonach
* plus wyposażenie zawierające gazy lub inne substancje, które mogą wyciec do pomieszczeń, powodując szkody (np. uduszenie się, poparzenia)	
<b>Awaria sterowania procesem – operacja poza warunkami projektowymi prowadząca do wycieku paliwa</b>	
Wysoka temperatura	utrata izolacji, awaria przyrządu, awaria oprogramowania, awaria siłownika, niewłaściwa operacja wykonana przez operatora, pożar zewnętrzny, wystawienie na ekstremalne warunki pogodowe, dekompozycja
Niska temperatura	zanik obiegu medium grzewczego, zanieczyszczenie medium grzewczego, awaria przyrządu, awaria oprogramowania, awaria siłownika, niewłaściwa operacja wykonana przez operatora, wystawienie na ekstremalne warunki pogodowe
Wysokie ciśnienie	niewłaściwa operacja wykonana przez operatora (np. zamknięcie zaworu), utrata funkcjonalności (np. powietrza sterującego), pożar zewnętrzny, zanik zasilania w energię, szybkie mieszanie się i odparowanie (rollover), awaria siłownika
Niskie ciśnienie (podciśnienie)	niewłaściwa operacja wykonana przez operatora, utrata funkcjonalności (np. powietrza sterującego), zanik zasilania w energię (elektryczności), awaria siłownika
Za duży przepływ	awaria przyrządu, awaria oprogramowania, niewłaściwa operacja wykonana przez operatora, awaria siłownika, wystawienie na ekstremalne warunki morskie
Za mały przepływ	awaria przyrządu, awaria oprogramowania, niewłaściwa operacja wykonana przez operatora, awaria siłownika, wystawienie na ekstremalne warunki morskie
Przepływ w przeciwnym kierunku	awaria przyrządu, awaria oprogramowania, niewłaściwa operacja wykonana przez operatora (np. zamknięcie zaworu), wystawienie na ekstremalne warunki morskie
Brak przepływu	awaria przyrządu, awaria oprogramowania, niewłaściwa operacja wykonana przez operatora (np. zamknięcie zaworu), awaria siłownika
Wysoki poziom	awaria przyrządu, awaria oprogramowania, niewłaściwa operacja wykonana przez operatora, awaria siłownika, wystawienie na ekstremalne warunki morskie
Niski poziom	awaria przyrządu, awaria oprogramowania, niewłaściwa operacja wykonana przez operatora, awaria siłownika, wystawienie na ekstremalne warunki morskie
Paliwo pozostało w rurze/rurociągu	niewłaściwa operacja wykonana przez operatora, zamknięte zawory, brak zubożniania/przedmuchu, ograniczone zubożnianie/przedmuch
Brak paliwa w rurze/rurociągu	awaria przyrządu, awaria oprogramowania, niewłaściwa operacja wykonana przez operatora, zamknięte zawory
Zanik mocy	zanik sygnałów elektrycznych, zanik napięcia, utrata powietrza sterującego, utrata cieczy hydraulicznej

**Uwaga:** Niewłaściwe wytwarzanie, instalowanie oraz uruchamianie wyposażenia mogą zwiększyć prawdopodobieństwo i/lub skutki wycieków paliwa. Jeśli aspekty te nie są objęte i kontrolowane przez, na przykład, przepisy klasyfikacyjne, wówczas powinny być one przedmiotem oceny ryzyka. Ocena ta powinna obejmować zamierzone operacje, wyłączanie oraz uruchamianie.

**Aneks 2**  
**Arkusze zapisów/Arkusze robocze**  
**Przykład arkusza roboczego**

Arkusze robocze dla [tytuł projektu]											
Część lub sekcja [tytuł]											
						Kategoria i ocena					
Pozycja/ Działanie	Słowo klucz/ Wyrażenie	Przyczyny (wypadek/incydent)	Skutki	Środki łagodzące (istniejące zabezpieczenia)	Dodatkowe/ Alternatywne środki łagodzące (zabezpieczenia)	Skutki	Prawdopodo- bienstwo	Ryzyko	Złagodzone, na ile to ko- nieczne	Zalecenia Uwagi/Działania	Działanie do dnia/data

**Uwaga:** Arkusz roboczy może być wykorzystywany do rejestrowania ocen stopnia ryzyka przed i po rozpatrzeniu dodatkowych/alternatywnych zabezpieczeń przez wykorzystanie jednego rzędu na 'istniejące zabezpieczenia' oraz jednego rzędu na 'dodatkowe/alternatywne zabezpieczenia'. Można przenieść kolumnę 'Dodatkowe/Alternatywne środki łagodzące' za kolumny 'Kategoria i ocena' oraz dodatkowe kolumny 'Kategoria i ocena'.



## Aneks 3

### Właściwości skroplonego gazu ziemnego i zagrożenia z nim związane

#### 3.1 Właściwości LNG

Skroplony gaz ziemny (LNG) jest cieczą kriogeniczną. Składa się z metanu oraz małych ilości etanu, propanu oraz obojętnego azotu. Gdy jest stosowany jako paliwo, typowy udział metanu wynosi co najmniej 94%. Gdy jest przechowywany pod ciśnieniem otoczenia lub zbliżonym do niego, jego temperatura wynosi ok. minus 162 °C, a ciężar właściwy około 0.42. Dlatego, po wypuszczeniu do morza LNG unosi się (oraz może gwałtownie „wrzeć” – patrz 3.2.7). Gdy jest magazynowany pod ciśnieniem do 10 barów, jego temperatura zwykle pozostaje poniżej minus 130 °C a ciężar właściwy wynosi w przybliżeniu 0.4.

Wypuszczony do atmosfery, LNG gwałtownie wrze tworząc bezbarwny, bezwonny i nietoksyczny gaz. Mimo że jest bezbarwny, ze względu na jego bardzo niską temperaturę, para wodna w powietrzu kondensuje tworząc widzialną mgłę lub chmurę. Zimny gaz jest początkowo cięższy od powietrza i opada do chwili, gdy jego temperatura wzrośnie do około minus 100 °C. W tym stanie gaz staje się lżejszy od powietrza i przyjmuje się, że w otwartym środowisku oznacza to stężenie gazu mniejsze niż 5%. W takiej temperaturze i stężeniu gaz pozostaje nadal w widzialnej chmurze. Ze względu na to że gaz w dalszym ciągu ogrzewa się do warunków otoczenia, jego objętość wynosi w przybliżeniu 600 razy objętość cieczy a względna gęstość par wynosi około 0.55 i gaz ten jest o wiele lżejszy od powietrza (gęstość powietrza wynosi 1).

Wraz z rozpraszaniem się gazu, jego stężenie zmniejsza się. Przy stężeniu w powietrzu pomiędzy 5% a 15% mieszanka ta jest palna i może zapalić się w obecności źródeł zapłonu lub przy zetknięciu się z gorącymi elementami o temperaturze około 595 °C (określanej jako temperatura samozapłonu) lub wyższej. Mieszanka, której stężenie spadło poniżej 5% nie jest już palna i nie może ulec zapłonowi (podobnie jest w przypadku gdy stężenie mieszanki pozostaje wyższe od 15%). Stężenia LNG w powietrzu wynoszące 15% oraz 5% są powszechnie znane jako odpowiednio górna i dolna granica palności. Ostatnio te stężenia graniczne są nazywane górną i dolną granicą wybuchowości, mimo że zapłon mieszanki niekoniecznie musi kończyć się wybuchem.

#### 3.2 Zagrożenia związane z LNG

##### 3.2.1 Oparzenia kriogeniczne

Ze względu na bardzo niską temperaturę cieczy, LNG w zetknięciu ze skórą powoduje oparzenia. Prócz tego, wdychanie zimnego gazu, gdy jest w stanie „wrzenia”, może uszkadzać płuca. Dotkliwość oparzeń oraz uszkodzeń płuc jest bezpośrednio związana z powierzchnią kontaktu z cieczą/gazem oraz czasem trwania oddziaływania.

##### 3.2.2 Kruchość niskotemperaturowa

Przy zetknięciu z niskotemperaturowym LNG wiele materiałów traci swą ciągliwość i staje się kruchymi. Dotyczy to m.in. stali węglowych oraz niskostopowych, typowo wykorzystywanych na konstrukcje statków i pokrycia pokładów. Taka kruchość niskotemperaturowa może powodować pęknięcie materiałów w taki sposób, że na skutek istniejących naprężeń występujących w materiale, będącym pod działaniem niskiej temperatury, następuje pęknięcie i uszkodzenia, nawet bez dodatkowego udaru, ciśnienia lub użytkowania. Do stosowania z LNG wykorzystywane są materiały odporne na kruchość w niskich temperaturach. Do materiałów tych należą stal nierdzewna, aluminium oraz stale stopowe o wysokiej zawartości niklu.

##### 3.2.3 Śmierć przez uduszenie się

LNG jest nietoksyczny i nie jest znanym czynnikiem rakotwórczym. Jednakże, gdy jest w stanie wrzenia może spowodować uduszenie się, ponieważ przemieszcza się i miesza z otaczającym powietrzem.

Prawdopodobieństwo uduszenia się zależne jest od stężenia gazu w powietrzu oraz czasu trwania oddziaływania.

### 3.2.4 Rozszerzalność i ciśnienie

LNG wypuszczony do atmosfery będzie gwałtownie wrzał, a objętość powstałego gazu będzie setki razy większa niż objętość cieczy (w przybliżeniu 600 razy większa w warunkach otoczenia). Dlatego, jeżeli gaz pozostanie w zamknięciu i nie będzie wypuszczony zwiększy swe ciśnienie, co może uszkodzić otaczającą konstrukcję i wyposażenie.

### 3.2.5 Pożar

#### 3.2.5.1 Pożar powierzchniowy

Mały wyciek LNG będzie gwałtownie wrzał i zmieni się w postać gazową (tj. wyparuje). Jednak w przypadku dużego i nagłego wycieku powstanie rozlewisko zimnego LNG z gazem wrzącym z rozlewu, mieszającym się i rozpraszającym w otaczającym powietrzu. Jeśli ta mieszanka będzie w przedziale palności (tj. między 5% a 15% z powietrzem) i zetknie się ze źródłem zapłonu lub ogrzaną powierzchnią powyżej temperatury samozapłonu (595 °C), to ulegnie zapłonowi, a powstały płomień wróci do rozlewiska powodując pożar powierzchniowy.

#### 3.2.5.2 Pożar strumieniowy

Jeżeli LNG magazynowane jest pod ciśnieniem, to w czasie wycieku może przybrać postać strumienia cieczy, napowietrzającego się, parującego oraz mieszającego z powietrzem. Jeśli mieszanka rozprasza się i styka ze źródłem zapłonu lub gorącą powierzchnią (powyżej temperatury samozapłonu) to będąc w przedziale palności ulegnie zapłonowi. Powstały płomień wróci do miejsca wycieku i może przybrać postać pożaru strumieniowego pod ciśnieniem rozchodzącego się od źródła wycieku. Podobnie, jeśli pozostający w zamknięciu LNG zostanie ogrzany i powstanie gaz, to wyciek tego gazu pod ciśnieniem może ulec zapłonowi powodując pożar strumieniowy.

#### 3.2.5.3 Pożar błyskawiczny

Wyciek LNG do atmosfery i jego zapłon w ciągu kilku dziesiątych części sekundy może spowodować pożar powierzchniowy lub strumieniowy (jak podano wyżej), bez powstania niszczącego nadciśnienia. Dzieje się tak, ponieważ palna część chmury będzie zwykle względnie mała i bliska punktu wycieku po zapłonie. Jednak, jeśli zapłon będzie opóźniony, chmura gazu będzie większa i będzie mogła przemieścić się dalej od punktu wycieku. Zapłon spowoduje pożar błyskawiczny, gdyż palna część chmury gazu zostanie szybko zużyta w ciągu kilku sekund. Zapłon ten może być gwałtowny i słyszalny i często mylony jest z wybuchem, mimo że nadciśnienie jest ledwo zauważalne.

#### 3.2.5.4 Promieniowanie cieplne z pożaru powierzchniowego, strumieniowego i błyskawicznego

Obrażenia ludzi oraz uszkodzenia konstrukcji i wyposażenia wskutek pożaru uzależnione są od wielkości pożaru, odległości od niego oraz czasu trwania oddziaływania. W odległości metra od pożaru, promieniowanie cieplne może wynosić w przybliżeniu 170 kW/m<sup>2</sup>, ale szybko spada wraz ze wzrostem odległości od ognia.

Ogólnie rzecz biorąc:

- 6 kW/m<sup>2</sup> lub więcej wpływa na stan dróg ewakuacji, a ludzie mają nie więcej niż kilka minut, aby uniknąć obrażeń lub śmierci<sup>16)</sup>;
- 35 kW/m<sup>2</sup> powoduje natychmiastową śmierć ludzi<sup>16)</sup>;
- 37,5 kW/m<sup>2</sup> od długiego czasu uważane jest za początek uszkodzeń wyposażenia przemysłowego oraz konstrukcji narażonych na pożar stały<sup>17)</sup>;

- wyposażenie przemysłowe oraz elementy konstrukcji w obrębie pożaru błyskawicznego nie odniosą prawdopodobnie znacznych uszkodzeń; oraz
- osoby, które znajdują się w obrębie pożaru powierzchniowego, strumieniowego lub błyskawicznego odniosą prawdopodobnie śmiertelne obrażenia.

Pożar LNG na statku może spowodować ofiary śmiertelne oraz uszkodzenia wyposażenia i konstrukcji (włącznie z kadłubem).

<sup>16)</sup> Istnieje wiele niejednokrotnie sprzecznych ze sobą wartości cytowanych z wielu źródeł. Dawka cieplna może być stosowana jako alternatywa. Wartości tu przytoczone są oparte na: Bezpieczeństwo i Higiena Pracy, Wskaźnikowa wrażliwość ludzi na czynniki niebezpieczne występujące na morzu do zastosowania przy ocenie ryzyka poważnych awarii, SPC/Tech/OSD/30, 2011, oraz na dokumencie pomocniczym: Metody aproksymacji i określania wrażliwości ludzi na potrzeby oceny zagrożenia poważnymi awariami na morzu, [http://www.hse.gov.uk/foi/internalops/hid\\_circs/technical\\_osd/spc\\_tech\\_osd\\_30/spctecod30.pdf](http://www.hse.gov.uk/foi/internalops/hid_circs/technical_osd/spc_tech_osd_30/spctecod30.pdf)

<sup>17)</sup> Analiza ryzyka sześciu potencjalnie niebezpiecznych obiektów w rejonie Rijnmond, Studium pilotażowe. (1982). D. Reidel Publishing Company, The Netherlands.

### 3.2.6 Wybuch

Wyciek LNG do atmosfery oraz opóźniony o ponad kilka dziesiątych sekundy zapłon powstałej chmury palnej mogą spowodować wybuch. Dzieje się tak ponieważ chmura może się rozproszyć w obrębie i wokół wyposażenia i elementów konstrukcji stanowiących pewien rodzaj zamknięcia oraz tworzących zwiększone powierzchnie, na których wzrasta prędkość płomienia, przemieszczającego się (tj. płonącego) przez mieszaninę palną. Powstałe nadciśnienie może być wystarczające do spowodowania obrażeń u ludzi i wyrządzenia szkód w konstrukcji i wyposażeniu. Wybuch taki będzie najprawdopodobniej deflagacją (a nie detonacją), kwalifikowanym przez szybkie poddźwiękowe spalanie (tj. szybkość z jaką płomień przemieszcza się przez palną chmurę).

#### 3.2.6.1 Nadciśnienie spowodowane wybuchem

Obrażenia ludzi oraz uszkodzenia konstrukcji i wyposażenia spowodowane wybuchem uzależnione są od wielkości wytworzonego nadciśnienia oraz szybkości z jaką nadciśnienie się przemieszcza (znanej jako impuls). Oprócz tego, obrażenia są często wynikiem upadku lub uderzenia o twarde powierzchnie lub uderzenia przez przedmioty oraz odłamki w wyniku wybuchu. Ogólnie rzecz biorąc:

- prawdopodobieństwo śmierci ze względu na narażenie na wybuch o ciśnieniu 0,25 bara oraz 1 bara wynosi odpowiednio około 1% i 50%<sup>18)</sup>;
- ciśnienie mniejsze niż 0,25 bara może rzucić człowieka na twardą powierzchnię, powodując obrażenia lub śmierć<sup>18)</sup>; oraz
- ciśnienie 0,3 bara jest zwykle granicą uszkodzeń konstrukcji lub wyposażenia przemysłowego<sup>18)</sup>.

<sup>18)</sup> Istnieje wiele niejednokrotnie sprzecznych ze sobą wartości cytowanych z wielu źródeł. Impuls może być stosowany jako alternatywa. Wartości tu przytoczone dotyczące przypadków śmierci oraz uszkodzeń są oparte na przywołanym powyżej dokumencie 16 oraz na dokumencie Metody określania możliwych obrażeń ludzi oraz uszkodzeń obiektów wynikających z wycieków materiałów niebezpiecznych, CPR 16E, Labour Inspectorate, The Netherlands.

Wybuch odparowanego LNG na statku może spowodować ofiary śmiertelne oraz uszkodzenia wyposażenia i konstrukcji (włącznie z kadłubem).

### 3.2.7 Szybkie przejście fazowe

Po wycieku, LNG zaczyna szybko wrzeć z powodu ciepła z otoczenia tj. z powietrza, wody (morskiej), stali lub podłoża. Jednakże to szybkie, a czasami gwałtowne wrzenie nie jest szybkim przejściem fazowym (RPT); RPT jest wybuchowym odparowaniem cieczy, czyli prawie natychmiastową

przemianą z cieczy w gaz. Jest to bardziej gwałtowne zdarzenie niż szybkie wrzenie i może ono powodować wyrzut cieczy oraz powstanie niszczącego nadciśnienia.<sup>19)</sup> Zjawisko to jest dobrze znane w przemyśle hutniczym, gdzie RPT może być skutkiem przypadkowego kontaktu stopionego metalu z wodą.

<sup>19)</sup> Chamberlain, G. (2006). Zarządzanie dużymi zagrożeniami ze strony LNG. 23rd World Gas Conference, Amsterdam.

### 3.2.8 Szybkie mieszanie się i odparowanie (rollover)

Zmagazynowany schłodzony LNG powoli paruje (tj. wrze) gdy ciepło z zewnątrz stopniowo przenika do zbiornika. Zasadniczo, ciecz w zetknięciu ze ścianą zbiornika ogrzewa się, staje się mniej gęsta i unosi się do góry. Ta górna warstwa zaczyna odparowywać (tzn. wrze) zwiększając gęstość warstwy ciekłej. Ciecz znajdująca się dalej od ścian zbiornika także ogrzewa się, ale wolniej i z tego powodu poniżej górnej warstwy tworzy się warstwa o mniejszej gęstości. Ze względu na ciśnienie hydrostatyczne zmienia się stan nasycenia tej warstwy i mimo że nagrzewa się ona, jednak nie odparowuje, ale pozostaje w stanie ciekłym i staje się „przegrzana”. Ponieważ ogrzewanie nadal trwa, gęstość uwięzionej warstwy zmniejsza się; jest to stan niestabilny i gdy gęstość tej warstwy staje się podobna do gęstości warstwy górnej, obie warstwy szybko mieszają się, a przegrzana dolna warstwa odparowuje. To szybkie mieszanie się i odparowanie znane jest jako “rollover” i może ono wywołać niszczące nadciśnienie oraz niekontrolowany upust gazu, jeżeli nie będzie odpowiednio kontrolowane.

Wyżej opisany mechanizm ogrzewania może powodować powstawanie kilku różnych warstw, co jest nazywane rozwarstwianiem się. Jest to dobrze znane zjawisko i jest ono bezpiecznie kontrolowane poprzez odpowietrzanie, mieszanie oraz sterowanie temperaturą.

Zjawisko to jest przyspieszane lub może wystąpić natychmiast, gdy pobierane jest paliwo LNG o różnych gęstościach.

### 3.3 Dokumenty przywołane

Informacje oraz fakty podane w niniejszym aneksie są dobrze znane i zostały zapisane w licznych opracowaniach i raportach dotyczących LNG. Jednakże, pierwotne źródła nie zawsze są łatwo dostępne (lub znane), dlatego informacje podane w niniejszej sekcji zostały zweryfikowane poprzez przywołanie następujących dokumentów:

1. Chamberlain, G. (2006). Management of Large LNG Hazards. 23rd World Gas Conference, Amsterdam.
2. International Maritime Organization, Marine Safety Committee. (2007). FSA – Liquefied Natural Gas (LNG) Carriers, Details of the Formal Safety Assessment. MSC 83/INF.3.
3. Bull, D. and Strachan, D. (1992). Liquefied natural gas safety research.
4. Sheats, D. & Capers, M. (1999). Density Stratification in LNG Storage. Cold Facts, 15/2.
5. Bashiri, A. & Fatehnejad, L. (2006). Modelling and Simulation of Rollover in LNG Storage Tanks. 23rd World Gas Conference, Amsterdam.

Warto także przywołać Publikację ISGOTT (International Safety Guide for Oil Tankers and Terminals) (2009) – Report on the Effects of Fire on LNG Carrier Containment Systems.

### Porównanie zagrożeń związanych ze stosowaniem LNG oraz paliwa olejowego

Zagrożenia		LNG	Olej napędowy <sup>1</sup>
1	Oparzenia kriogeniczne Zetknięcie się cieczy ze skórą spowoduje oparzenia i może być przyczyną zgonu. Wdychanie gazu może spowodować oparzenia płuc i prowadzić do śmiertelnych obrażeń.	✓	X
2	Kruchość niskotemperaturowa Wyposażenie/ konstrukcje mogą ulec awarii przy zetknięciu z cieczą.	✓	X
3	Szybkie przejście fazowe (RPT) Przy wycieku na powierzchnię morza może nastąpić prawie natychmiastowe „wybuchowe” przejście z fazy ciekłej do gazowej. Może to spowodować uszkodzenia konstrukcji kadłuba.	✓	X
4	Rozszerzalność gazu Rozlew cieczy gwałtownie wrze, a gaz ogrzewa się i rozszerza do objętości 600 razy większej od objętości cieczy. Może to spowodować uszkodzenie wyposażenia.	✓	X
5	Uduszenie się W przestrzeni zamkniętej, wypieranie powietrza przez gaz i mieszanie się gazu z powietrzem powoduje zmniejszenie zawartości tlenu, co może spowodować uduszenie się.	✓	✓
6	Pożar powierzchniowy Gaz/pary powyżej rozlewu mogą zapalić się co powoduje pożar powierzchniowy. Intensywność promieniowania cieplnego może spowodować śmiertelne obrażenia oraz uszkodzenie konstrukcji i krytycznego wyposażenia.	✓	✓
7	Pożar błyskawiczny Gaz/pary mogą rozprasać się na dużą odległość od rozlewu i ulec zapłonowi powodując pożar błyskawiczny. Krótkotrwałe oraz intensywne promieniowanie cieplne mogą przyczynić się do pożarów wtórnych i powodować obrażenia śmiertelne osób, które znajdują się w zasięgu pożaru oraz uszkodzenia wyposażenia krytycznego. Najbardziej prawdopodobny jest powrót pożaru do rozlewu i wywołanie pożaru powierzchniowego.	✓	X <sup>2</sup>
8	Wybuch Gaz/pary mogą rozprasać się i gromadzić w zamkniętych przestrzeniach oraz ulegać zapłonowi prowadzącemu do wybuchu. Wybuch może powodować obrażenia śmiertelne, przyczynić się do powstania wtórnych pożarów oraz uszkadzać konstrukcje i wyposażenie krytyczne. Najbardziej prawdopodobny jest powrót wybuchu do źródła rozlewu/gazu i wywołanie pożaru powierzchniowego/strumieniowego.	✓	X <sup>2</sup>
9	Szybkie mieszanie się i odparowanie (rollover) Zmagazynowana ciecz może rozwarstwiać się, tzn. różne warstwy mogą mieć różną gęstość i temperaturę. Może to powodować szybkie mieszanie się i odparowanie, czyli przechodzenie niższych warstw do góry, czego skutkiem jest tworzenie się gazu/par, które należy powstrzymać. Ich wypuszczenie może doprowadzić do pożaru błyskawicznego lub wybuchu.	✓	X
10	Odparowany gaz (BoG) LNG stale wrze i musi być ponownie skraplany lub spalany. Wypuszczenie BoG może spowodować jego zapłon i w konsekwencji pożar strumieniowy (przy wystarczającym ciśnieniu na wylocie), pożar błyskawiczny lub wybuch.	✓	X
<p>Uwaga:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Olej napędowy – ciężki olej napędowy (HFO) (ISO 8217)</li> <li>Jeśli olej napędowy zostanie rozpylony w formie aerozolu jako drobne kropelki zawieszony w powietrzu, ich zapłon może spowodować pożar błyskawiczny lub wybuch.</li> </ol>			

## Aneks 4 Macierz ryzyka

### Przykład macierzy ryzyka – osoby na statku

<b>Skutek (dotkliwość)</b>	Śmierć wielu osób <b>C<sub>P</sub></b>						<b>WYSOKIE</b>
	Śmierć jednej osoby lub poważne obrażenia wielu osób <b>B<sub>P</sub></b>						<b>ŚREDNIE</b>
	Poważne obrażenia <b>A<sub>P</sub></b>						<b>NISKIE</b>
		1	2	3	4	5	
		10 <sup>-6</sup> /y	10 <sup>-5</sup> /y	10 <sup>-4</sup> /y	10 <sup>-3</sup> /y		
		Znikome	Skrajnie nieprawdopodobne	Bardzo nieprawdopodobne	Mało prawdopodobne	Prawdopodobne	
<b>Prawdopodobieństwo (szansa wystąpienia w ciągu roku)</b>							

### Przykłady kategorii skutków

- A<sub>P</sub> Poważne obrażenia – *długotrwała niepełnosprawność/uszczerbek na zdrowiu*  
 B<sub>P</sub> Śmierć jednej osoby lub poważne obrażenia wielu osób – *jeden zgon lub wiele osób z długotrwałą niepełnosprawnością/uszczerbkiem na zdrowiu*  
 C<sub>P</sub> Śmierć wielu osób– *co najmniej dwa zgony*

### Przykłady kategorii prawdopodobieństwa

1. Znikome – *1 na milion lub mniej rocznie*
2. Skrajnie nieprawdopodobne – *między 1 na milion a 1 na 100.000 rocznie*
3. Bardzo nieprawdopodobne – *pomiędzy 1 na 100.000 a 1 na 10.000 rocznie*
4. Mało prawdopodobne – *pomiędzy 1 na 10.000 a 1 na 1.000 rocznie*
5. Prawdopodobne – *pomiędzy 1 na 1.000 a 1 na 100 rocznie*

Kategorie prawdopodobieństwa mogą być odniesione do okresu eksploatacji statku. Przykładowo, zakładając okres eksploatacji na 25 lat, przy scenariuszu rocznego prawdopodobieństwa 1 na milion (tj. poziom 1 Znikome) prawdopodobieństwo wystąpienia w całym okresie eksploatacji statku wynosi 1 na 40.000 (czyli  $1/(10^{-6} \times 25)$ ).

### Przykłady stopni ryzyka oraz kryteriów ryzyka

Ryzyko niskie – A<sub>P</sub>1, A<sub>P</sub>2, A<sub>P</sub>3 & B<sub>P</sub>1

*Ryzyko może być przyjęte jako “złagodzone, na ile to konieczne”. Tam gdzie jest to praktyczne oraz opłacalne, dobrą praktyką jest wdrożenie środków łagodzących, które mogłyby przyczynić się do dalszego zmniejszenia ryzyka.*

Ryzyko średnie – A<sub>P</sub>4, A<sub>P</sub>5, B<sub>P</sub>2, B<sub>P</sub>3, B<sub>P</sub>4, C<sub>P</sub>1, C<sub>P</sub>2 & C<sub>P</sub>3

*Ryzyko jest umiarkowane i traktowane jako “złagodzone, na ile to konieczne”. Zakłada się, że zostały wdrożone wszystkie uzasadnione, praktyczne środki łagodzące. To znaczy, że dodatkowe lub alternatywne środki łagodzące zostały zidentyfikowane i wdrożone, jeśli nie zostały ocenione jako niepraktyczne lub jeśli koszt ich wdrożenia byłby nieproporcjonalnie duży w stosunku do zmniejszenia ryzyka.*



Ryzyko wysokie – B<sub>P</sub>5, C<sub>P</sub>4 & C<sub>P</sub>5

*Ryzyko jest nieakceptowalne i nie zostało “złagodzone, na ile to konieczne”. Należy zidentyfikować i wdrożyć przed rozpoczęciem eksploatacji dodatkowe lub alternatywne środki łagodzące i muszą one zmniejszyć ryzyko do poziomu średniego lub niskiego.*

### Przykład macierzy ryzyka – środowisko

Skutek (dotkliwość)	Katastroficzne D <sub>E</sub>									WYSOKIE ŚREDNIE NISKIE	
	Poważne C <sub>E</sub>										
	Miejskowe B <sub>E</sub>										
	Niewielkie A <sub>E</sub>										
		1	10 <sup>-6</sup> /y	2	10 <sup>-5</sup> /y	3	10 <sup>-4</sup> /y	4	10 <sup>-3</sup> /y	5	
		Znikome		Skrajnie nieprawdopodobne		Bardzo nieprawdopodobne		Mało prawdopodobne		Prawdopodobne	
		Prawdopodobieństwo (szansa wystąpienia w ciągu roku)									

### Przykłady kategorii skutków

- A<sub>E</sub> Niewielkie – ograniczone oraz odwracalne szkody w obszarach/gatunkach wrażliwych w bezpośredniej bliskości
- B<sub>E</sub> Miejskowe – znaczne, ale odwracalne szkody w obszarach/gatunkach wrażliwych w bezpośredniej bliskości
- C<sub>E</sub> Poważne – rozległe lub trwałe szkody w obszarach/gatunkach wrażliwych
- D<sub>E</sub> Katastroficzne – nieodwracalne lub chroniczne szkody w obszarach/gatunkach wrażliwych

### Przykłady kategorii prawdopodobieństwa

1. Znikome – 1 na milion lub mniej rocznie
2. Skrajnie nieprawdopodobne – między 1 na milion a 1 na 100.000 rocznie
3. Bardzo nieprawdopodobne – pomiędzy 1 na 100.000 a 1 na 10.000 rocznie
4. Mało prawdopodobne – pomiędzy 1 na 10.000 a 1 na 1.000 rocznie
5. Prawdopodobne – pomiędzy 1 na 1.000 a 1 na 100 rocznie

Kategorie prawdopodobieństwa mogą być odniesione do okresu eksploatacji statku. Przykładowo, zakładając okres eksploatacji na 25 lat, przy scenariuszu rocznego prawdopodobieństwa 1 na milion (tj. poziom 1 Znikome), prawdopodobieństwo wystąpienia w całym okresie eksploatacji statku wynosi 1 na 40 000 (czyli 1/(10<sup>-6</sup> x 25)).

### Przykłady stopni ryzyka oraz kryteriów ryzyka

Ryzyko niskie – A<sub>E</sub>1, A<sub>E</sub>2, A<sub>E</sub>3, A<sub>E</sub>4, B<sub>E</sub>1, B<sub>E</sub>2, B<sub>E</sub>3 & C<sub>E</sub>1

*Ryzyko może być przyjęte jako “złagodzone, na ile to konieczne”. Tam gdzie jest to praktyczne oraz opłacalne, dobrą praktyką jest wdrożenie środków łagodzących, które mogłyby przyczynić się do dalszego zmniejszenia ryzyka*

Ryzyko średnie – A<sub>E5</sub>, B<sub>E4</sub>, B<sub>E5</sub>, C<sub>E2</sub>, C<sub>E3</sub>, C<sub>E4</sub>, D<sub>E1</sub>, D<sub>E2</sub> & D<sub>E3</sub>

*Ryzyko jest umiarkowane i traktowane jako "złagodzone, na ile to konieczne". Zakłada się, że zostały wdrożone wszystkie uzasadnione, praktyczne środki łagodzące. To znaczy, że dodatkowe lub alternatywne środki łagodzące zostały zidentyfikowane i wdrożone, jeśli nie zostały ocenione jako niepraktyczne lub jeśli koszt ich wdrożenia byłby nieproporcjonalnie duży w stosunku do zmniejszenia ryzyka.*

Ryzyko wysokie – C<sub>E5</sub>, D<sub>E4</sub> & D<sub>E5</sub>

*Ryzyko jest nieakceptowalne i nie zostało "złagodzone, na ile to konieczne". Należy zidentyfikować i wdrożyć przed rozpoczęciem eksploatacji dodatkowe lub alternatywne środki łagodzące i muszą one zmniejszyć ryzyko do poziomu średniego lub niskiego.*

### Przykład macierzy ryzyka – zasoby statku (wyposażenie, pomieszczenia i konstrukcja)

Skutek (dotkliwość)	Znaczne uszkodzenia	C <sub>A</sub>		B <sub>A</sub>		A <sub>A</sub>		WYSOKIE
	Poważne uszkodzenia	B <sub>A</sub>		A <sub>A</sub>		A <sub>A</sub>		ŚREDNIE
	Miejscowe uszkodzenia	A <sub>A</sub>		A <sub>A</sub>		A <sub>A</sub>		NISKIE
		1	2	3	4	5		
		10 <sup>-6</sup> /y	10 <sup>-5</sup> /y	10 <sup>-4</sup> /y	10 <sup>-3</sup> /y			
		Znikome	Skrajnie nieprawdopodobne	Bardzo nieprawdopodobne	Mało prawdopodobne	Prawdopodobne		
		Prawdopodobieństwo (szansa wystąpienia w ciągu roku)						

### Przykłady kategorii skutków

- A<sub>A</sub> Miejscowe uszkodzenie – zdarzenie wstrzymujące operacje na więcej niż x dni
- B<sub>A</sub> Poważne uszkodzenie – zdarzenie wstrzymujące operacje na więcej niż y dni
- C<sub>A</sub> Znaczne uszkodzenia – utrata statku, zdarzenie wstrzymujące operacje na więcej niż z dni

### Przykłady kategorii prawdopodobieństwa

1. Znikome – 1 na milion lub mniej rocznie
2. Skrajnie nieprawdopodobne – pomiędzy 1 na milion a 1 na 100.000 rocznie
3. Bardzo nieprawdopodobne – pomiędzy 1 na 100.000 a 1 na 10.000 rocznie
4. Mało prawdopodobne – pomiędzy 1 na 10.000 a 1 na 1.000 rocznie
5. Prawdopodobne – pomiędzy 1 na 1.000 a 1 na 100 rocznie

Kategorie prawdopodobieństwa mogą być odniesione do okresu eksploatacji statku. Przykładowo, zakładając okres eksploatacji na 25 lat, przy scenariuszu rocznego prawdopodobieństwa 1 na milion (tj. poziom 1 Znikome), prawdopodobieństwo wystąpienia w całym okresie eksploatacji statku wynosi 1 na 40 000 (czyli 1/(10<sup>-6</sup> x 25)).

## Przykłady stopni ryzyka oraz kryteriów ryzyka

Ryzyko niskie – A<sub>A1</sub>, A<sub>A2</sub>, A<sub>A3</sub> & B<sub>A1</sub>

*Ryzyko może być przyjęte jako “złagodzone, na ile to konieczne”. Tam gdzie jest to praktyczne oraz opłacalne, dobrą praktyką jest wdrożenie środków łagodzących, które mogłyby przyczynić się do dalszego zmniejszenia ryzyka*

Ryzyko średnie – A<sub>A4</sub>, A<sub>A5</sub>, B<sub>A2</sub>, B<sub>A3</sub>, B<sub>A4</sub>, C<sub>A1</sub>, C<sub>A2</sub> & C<sub>A3</sub>

*Ryzyko jest umiarkowane i traktowane jako “złagodzone, na ile to konieczne”. Zakłada się, że zostały wdrożone wszystkie uzasadnione praktycznie środki łagodzące. To znaczy, że dodatkowe lub alternatywne środki łagodzące zostały zidentyfikowane i wdrożone, jeśli nie zostały ocenione jako niepraktyczne lub jeśli koszt ich wdrożenia byłby nieproporcjonalnie duży w stosunku do zmniejszenia ryzyka.*

Ryzyko wysokie – B<sub>A5</sub>, C<sub>A4</sub> & C<sub>A5</sub>

*Ryzyko jest nieakceptowalne i nie zostało “złagodzone, na ile to konieczne”. Należy zidentyfikować i wdrożyć przed rozpoczęciem eksploatacji dodatkowe lub alternatywne środki łagodzące i muszą one zmniejszyć ryzyko do poziomu średniego lub niskiego*

## Aneks 5 Prawdopodobieństwo wycieków

### Orientacyjne kategorie prawdopodobieństwa

Poniższa tabela przedstawia orientacyjne kategorie prawdopodobieństwa: (a) awaria określonego elementu wyposażenia oraz wyciek paliwa<sup>20)</sup>, oraz (b) zderzenia i wejścia na mieliznę<sup>21)</sup>.

<sup>20)</sup> Wartości orientacyjne oparte są na (a) oraz (b) a podsumowane w (c): (a) International Association of Oil & Gas Producers. (1 marca 2010). Risk Assessment Data Directory – Process Release Frequencies, Report No. 434 – 1; (b) Health and Safety Executive. (1992-2006). Hydrocarbon Releases (HCR) System. <https://www.hse.gov.uk/hcr3/>; (c) LNG as a Marine Fuel - Likelihood of LNG Releases. Journal of Marine Engineering & Technology (JMET), Vol. 12, Wydanie 3, wrzesień 2013.

<sup>21)</sup> Formalna ocena bezpieczeństwa (FSA): FSA Container Vessels, MSC 83/21/2 (Tabela 3), 3 lipca 2007; FSA Cruise Ships, MSC 85/17/1 (Tabela 1), 21 lipca 2008; and FSA RoPax Ships, MSC 85/17/2 (Tabela 1), 21 lipca 2008.

Wartości prawdopodobieństwa różnią się w zależności od źródła, przyjętych założeń oraz uwzględnienia/nieuwzględnienia przyczyn, itp. Z tego względu ważne jest odnoszenie się do oryginalnych źródeł danych, aby zapewnić że orientacyjna kategoria prawdopodobieństwa zachowuje ważność dla specyficznych przypadków będących przedmiotem zainteresowania.

**Orientacyjne wartości prawdopodobieństwa w danej kategorii prawdopodobieństwa**

<b>1. Znikome – 1 na milion lub mniej rocznie (<math>10^{-6}/y</math> lub mniej)</b>				
Zbiornik paliwowy typu C	<math>1 \times 10^{-6}</math>			
<b>2. Skrajnie nieprawdopodobne – pomiędzy 1 na milion a 1 na 100.000 rocznie (<math>10^{-6}/y</math> do <math>10^{-5}/y</math>)</b>				
<b>Wyciek <math>\geq \varnothing 10</math> mm</b>	<b><math>\varnothing 50</math> mm lub mniej</b>	<b><math>\varnothing 51-150</math> mm</b>	<b><math>\varnothing 151-300</math> mm</b>	
Rurociąg/metrowy	$7 \times 10^{-6}$	$3 \times 10^{-6}$	$3 \times 10^{-6}$	
Kołnierz	$4 \times 10^{-6}$	$5 \times 10^{-6}$	$7 \times 10^{-6}$	
Zawór ręczny	--	$7 \times 10^{-6}$	$9 \times 10^{-6}$	
<b>3. Bardzo nieprawdopodobne – pomiędzy 1 na 100.000 a 1 na 10.000 rocznie (<math>10^{-5}/y</math> do <math>10^{-4}/y</math>)</b>				
	<b><math>\varnothing 50</math> mm lub mniej</b>	<b><math>\varnothing 51-150</math> mm</b>	<b><math>\varnothing 151-300</math> mm</b>	
Rurociąg/metrowy	$8 \times 10^{-5}$	$4 \times 10^{-5}$	$3 \times 10^{-5}$	
Kołnierz	$4 \times 10^{-5}$	$5 \times 10^{-5}$	$8 \times 10^{-5}$	
Zawór ręczny	$3 \times 10^{-5}$	$5 \times 10^{-5}$	$7 \times 10^{-5}$	
<b>4. Mało prawdopodobne – pomiędzy 1 na 10.000 a 1 na 1.000 rocznie (<math>10^{-4}/y</math> do <math>10^{-3}/y</math>)</b>				
	<b><math>\varnothing 50</math> mm lub mniej</b>	<b><math>\varnothing 51-150</math> mm</b>	<b><math>\varnothing 151-300</math> mm</b>	
Zawór uruchomiony	$3 \times 10^{-4}$	$3 \times 10^{-4}$	$3 \times 10^{-4}$	
Przyłącze przyrządu	$3 \times 10^{-4}$ włącznie z kołnierzem			
Zbiornik przetwórczy	$7 \times 10^{-4}$ zbiornik ciśnieniowy			
<b>5. Prawdopodobne – pomiędzy 1 na 1.000 a 1 na 100 rocznie (<math>10^{-3}/y</math> do <math>10^{-2}/y</math>)</b>				
		<b><math>\varnothing 50-150</math> mm</b>	<b><math>\varnothing &gt;150</math> mm</b>	
Wymiennik ciepła/parownik/ogrzewacz		$2 \times 10^{-3}$	$2 \times 10^{-3}$	
Pompy (odśrodkowe lub tłokowe)		$5 \times 10^{-3}$	$1 \times 10^{-3}$	
Ro-pax	$1 \times 10^{-2}$ zderzenie / $1 \times 10^{-2}$ wejście na mieliznę			
Statek wycieczkowy	$5 \times 10^{-3}$ zderzenie / $1 \times 10^{-2}$ wejście na mieliznę			
$2 \times 10^{-2}$ zderzenie / $7 \times 10^{-3}$ wejście na mieliznę (dane dotyczą statków rozbitych/osiadłych na mieliznie)				
Wartości prawdopodobieństw uwzględniają wszystkie zderzenia i wejścia na mieliznę. W przypadku zderzeń oznacza to wszystkie zderzenia, w których statek został uderzony lub gdy sam uderzył. Uwzględniając specyfikę statku, trasy oraz zdarzenia, interesujące prawdopodobieństwo może być mniejsze niż powyższe wartości. Przykładowo, zakładając że wyciek wymaga uderzenia w statek ro-pax i że zderzenie ma być poważne, wówczas wartość prawdopodobieństwa jest zbliżona do $5 \times 10^{-4}$ (tj. kategoria 4 „mało prawdopodobny” gdzie zakłada się że stosunek „uderzony/uderzający” wynosi 50/50 i ok. 10% zderzeń jest „poważnych” <sup>21</sup> )				

<sup>21</sup> – patrz poprzednia strona

## Aneks 6

### Środki łagodzące zagrożenie

#### Przykładowe środki łagodzące

<b>Inżynierskie środki łagodzące</b>
Zabezpieczenia przed uszkodzeniem wskutek uderzenia mechanicznego Zabezpieczenia przed drganiami/monitorowanie drgań Zabezpieczenia przed wiatrem, falowaniem i warunkami atmosferycznymi Rozładowanie ciśnienia, przewietrzanie Zwiększone odstępki lub zwiększone zabezpieczenie fizyczne przed zderzeniem/wejściem na mieliznę Wtórne obudowy (np. rurociągi o podwójnych ściankach) Połączenia spawane zamiast kołnierzowych Drzwi z alarmami oraz z samozamykaczami Oddzielanie grodziami/koferdamy Pojemność wanienki ściekowej, wykrywanie cieczy Zasięg osłon chroniących przed rozpyleniem Zabezpieczenie konstrukcji przed temperaturami kriogenicznymi oraz działaniem ciśnienia powstających par/gazów Niezależna instalacja zęzowa Wykrywanie, monitorowanie pożaru i gazu, sygnalizacja alarmowa dźwiękowa i wizualna oraz wyłączenie/odcinanie Wykrywanie, monitorowanie ciśnienia i temperatury, sygnalizacja alarmowa dźwiękowa i wizualna oraz wyłączenie/odcinanie Wykrywanie poziomu Wentylacja wymuszona/naturalna – śluza powietrzna Minimalizowanie źródeł zapłonu – urządzenia elektryczne iskrobezpieczne (Ex) Urządzenia gaśnicze i chłodzące – pianowe, na mgłę wodną Kłapy pożarowe Oddzielanie pomieszczeń Środki dostępu Osłony fizyczne Monitorowanie naprężenia lin cumowniczych/sygnalizacja alarmowa Monitorowanie obciążenia podpór Zbiornik buforowy/przelewowy – recykling paliwa Niezależne krytyczne układy sterujące wg IEC 61508 Monitoring radarowy Ciecz eksploatacyjna – wykrywanie poziomu/gazu, sygnalizacja alarmowa i wyłączenie/odcinanie Łapacz iskier
<b>Proceduralne środki łagodzące</b>
Zwiększona częstotliwość inspekcji (i obsługi eksploatacyjnej) Zmniejszona częstotliwość wymiany części Szkolenie specjalistyczne dotyczące paliw o niskiej temperaturze zapłonu Ograniczony dostęp Monitorowanie
<b>Uwagi:</b> 1. Przedstawione wyżej środki łagodzące są w dużej mierze ogólne i nie zostały podane w określonym porządku. Wyliczono je jako zwykłe przypomnienie przy rozpatrywaniu środków łagodzących. 2. W Kodeksie IGF, zarówno środki zmniejszające prawdopodobieństwo jak i środki zmniejszające skutki rozumiane są jako środki łagodzące (tzn. łagodzą one ryzyko). W celu zapewnienia spójności z Kodeksem IGF rozumienie to zostało utrzymane w niniejszym dokumencie. W wielu innych branżach przemysłu powszechnie stosuje się określenia „środki zapobiegawcze” oraz „środki łagodzące”, gdzie te pierwsze ograniczają prawdopodobieństwo, a drugie ograniczają skutki. „Środki zapobiegawcze” oraz „środki łagodzące” często nazywane są „zabezpieczeniami” lub „barierami”.

### Aneks 7 Mapowanie ścieżki od przyczyny do skutków

Uznaną metodą służącą do ilustrowania lub mapowania ścieżki od “przyczyny” do “skutku” jest metoda znana jako Bowtie. Istnieje pewna liczba jej wariacji oraz różniące się terminologie, ale zasadniczo Bowtie pomaga wizualizować: zagrożenia lub przyczyny niepożądanych zdarzeń; bariery lub środki łagodzące zapobiegające niepożądanym zdarzeniom; oraz bariery łagodzące skutki.

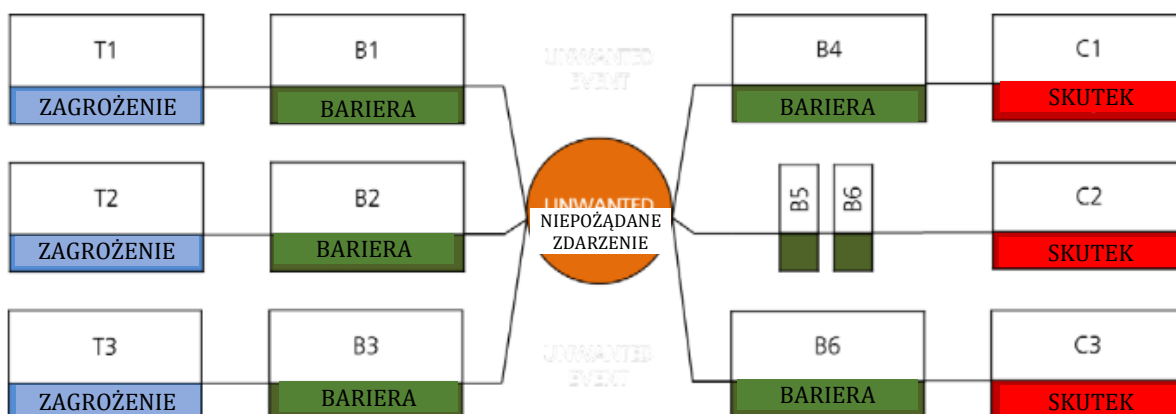
#### Przykłady Bowtie



- Zagrożenie** – Przyczyna, która może potencjalnie prowadzić do zdarzenia niepożądanego.
- Bariera** – Środek łagodzący, który może potencjalnie zapobiegać zdarzeniom niepożądanym lub ich skutkom.

#### Niepożądane

- zdarzenie** – Sytuacja, której należy unikać, np. wyciek paliwa lub utrata napędu.
- Skutek** – Wynik zagrożenia oraz zdarzenia niepożądanego nie złagodzonego przez zastosowanie bariery.



W odniesieniu do “środków łagodzących” (tj. barier), te które występują przed zdarzeniem niepożądanym często nazywa się barierami zapobiegawczymi lub środkami zapobiegawczymi.

## Aneks 8

### Zawartość sprawozdania

#### Przykładowa zawartość sprawozdania

<b>Podsumowanie</b>
Przegląd oceny oraz głównych wyników i wniosków.
<b>1. Wstęp</b>
Zwięzłe stwierdzenie dotyczące celu oceny oraz zaangażowanych stron.
<b>2. Cel i zakres</b>
Podstawowym celem jest, na przykład, wykazanie że ryzyko w zakresie bezpieczeństwa jest lub może być akceptowalne/tolerowane do zatwierdzenia klasy. Zakres jest, przykładowo, ograniczony do projektu/rozwiązania, specyficznego środowiska/miejsca oraz zamierzonych trybów działania.
<b>3. Opis</b>
Proste objaśnienie projektu i rozwiązania, ze względu na zamierzone działanie i warunki procesu.
<b>4. Podejście</b>
Przegląd techniki/metody oceny ryzyka. Obejmuje: sposób, w jaki projekt podzielono na sekcje w celu przeprowadzenia oceny, jak dokonano identyfikacji zagrożeń, dobór kryteriów ryzyka, oraz mechanizm oceny stopnia ryzyka i zapisy. Dodatkowo, notatka na temat faktycznego harmonogramu warsztatów pokazująca czas przeznaczony na każdą sekcję.
<b>5. Zespół</b>
Nazwiska, stanowiska, właściwe kwalifikacje, wiedza i doświadczenie moderatora oraz SMEs. Mogą być one podane w tabeli, razem z listą obecności na warsztatach. Jeśli informacja ta jest szczególnie duża i odciąga uwagę od podejścia i wyników, to można ją zamieścić w załączniku.
<b>6. Wyniki</b>
Dyskusja na temat głównych spostrzeżeń oraz zagadnień.
<b>7. Wnioski</b>
Krótką oceną, czy ryzyka zostały „złagodzone, na ile to konieczne”.
<b>8. Działania</b>
Wyliczenie dodatkowych/alternatywnych zabezpieczeń, włącznie z osobami odpowiedzialnymi oraz oczekiwaną datą zakończenia.
<b>Załączniki</b>
A. Arkusze robocze (zapisane w czasie warsztatów, włącznie ze słowami kluczowymi i wyrażeniami, tj. podpowiedziami).
B. Rysunki, informacje na temat procesu oraz dokumenty odniesienia (włącznie z Zakresem kompetencji)

KONIEC IACS REC. 146

**WYKAZ ZEWNĘTRZNYCH DOKUMENTÓW ODNIESIENIA****Dokumenty IMO:**

1. MSC.1/Circ.1558 *Ujednolicone interpretacje do Kodeksu IGF.*
2. MSC.1/Circ.1591 *Ujednolicone interpretacje do Kodeksu IGF.*
3. MSC.1/Circ.1605 *Ujednolicone interpretacje do Kodeksu IGF.*
4. MSC.1/Circ.1622 *Wytyczne do odbioru alternatywnych materiałów metalowych do zastosowania w warunkach kriogenicznych na statkach przewożących skroplone gazy luzem oraz statkach stosujących gazy lub inne paliwa o niskiej temperaturze zapłonu. (Guidelines for the acceptance of alternative metallic materials for cryogenic service in ships carrying liquefied gases in bulk and ships using gases or other low-flashpoint fuels).*
5. MSC.1/Circ.1670 *Ujednolicone interpretacje do Kodeksu IGF.*
6. MSC.458(101) *Zmiany do Międzynarodowego kodeksu bezpieczeństwa statków stosujących paliwo gazowe lub inne paliwa o niskiej temperaturze zapłonu (Kodeksu IGF)*
7. MSC.475(102) *Zmiany do Międzynarodowego kodeksu bezpieczeństwa statków stosujących paliwo gazowe lub inne paliwa o niskiej temperaturze zapłonu (Kodeksu IGF)*
8. CCC 10/WP.5 *Zmiany do Kodeksu IGF oraz opracowanie Wytycznych do paliw alternatywnych oraz powiązanych technologii*

**Dokumenty IACS:**

1. UI GC9, Rev.1 *Guidance for sizing pressure relief systems for interbarrier spaces*
2. UI GF1 *New Test for gas fuel tank's high level alarm*
3. UI GF2 *New Ship Steel Protection against Liquefied Gas Fuel (Part A-1, paragraph 6.3.10)*
4. UI GF3 *New Tank connection space for tanks on open deck and tank connection space equipment*
5. UI GF4 *New Fuel preparation room*
6. UI GF5 *New Appropriate location of premixed engines using fuel gas mixed with air before the turbocharger*
7. UI GF6 *New Protection against cryogenic leakage and control of hazardous zones in fuel preparation rooms on open deck*
8. UI GF7 *New External surface area of the tank for determining sizing of pressure relief valve*
9. UI GF8 *New Control and maintenance of pressure and temperature of liquefied gas fuel tanks after the activation of the safety system*
10. UI GF9 *New Special consideration within the risk assessment of closed or semi-enclosed bunkering stations*
11. UI GF10 *New Ventilation of machinery spaces*
12. UI GF11 *New Ventilation of double piping and gas valve unit spaces in gas safe engine-rooms*
13. UI GF12 *New Ventilation inlet for double wall piping or duct*
14. UI GF13 Rev.1 *Fire protection of spaces containing equipment for the fuel preparation*
15. UI GF14 *New Hazardous area classification of fuel storage hold spaces*
16. UI GF15 *New Alarms for loss of ventilation capacity*
17. UI GF16 *New Liquefied gas fuel tank loading limit higher than calculated using the reference temperature*
18. UI GF17 *New Other rooms with high fire risk*
19. UI GF18 *New Level indicator in the bilge well of tank connection spaces of independent liquefied gas storage tanks*
20. UI GF19 *New Fuel supply to consumers – single common flanges*
21. UR Z16, Rev.4, Corr.1 *Periodical surveys of cargo installations on ships carrying liquefied gases in bulk*
22. REC. 34, Rev.2 *Standard Wave Data*
23. REC. 146 *New Risk assessment as required by the IGF Code*
24. REC. 148, Rev.1 *Survey of liquefied gas fuel containment systems*



### Wykaz zmian na dzień 1 stycznia 2025

<i>Punkt</i>	<i>Tytuł/Temat</i>	<i>Źródło</i>
<a href="#">Rozdział 17</a>	Liczne zmiany i poprawki w całym Rozdziale 17	CCC 10/WP.5 PRS
<a href="#">Wykaz...</a>	Aktualizacja Wykazu zewnętrznych dokumentów odniesienia	PRS
<a href="#">1.3</a>	Aktualizacja numeru dokumentu IMO	PRS
	Drobne poprawki w całej Publikacji	PRS