

Zbigniew ŁOSIEWICZ¹

OCENA BEZPIECZEŃSTWA GAZOWCÓW LNG W ASPEKTCIE OBOWIĄZUJĄCYCH PRZEPISÓW PRAWNYCH

Rosnące zapotrzebowanie na gaz ziemny spowodowało rozwój alternatywnych do transportu rurociągami metod dostarczania gazu do odbiorców. Jedną z tych metod jest transport naturalnego gazu skroplonego (LNG) statkami zwanymi gazowcami. Gazowce nazywane są zapalniczkami oceanów. Badania naukowe i rozwój techniki spowodowały ciągłą modernizację konstrukcji gazowców, a co za tym idzie zwiększenie bezpieczeństwa przewozu LNG. Gazowce podlegają już od fazy projektowania przez produkcję i eksploatację ścisłym reżimom prawnym. W referacie dokonano analizy, obowiązujących aktów prawnych pod kątem bezpieczeństwa eksploatacyjnego gazowców.

SAFETY ASSESSMENT OF LNG TANKERS IN THE CONTEXT OF OBLIGATORY LEGAL REGULATIONS

Growing demand for natural gas, stimulated development of transportation methods to end user, different than pipelines. One of the methods is transportation of LNG with gas tankers. They are nick named lighters of the oceans. Scientific research and technology development caused continuous modernization of the gas tankers' construction, resulting in better safety of the transport of LNG. Right from the project phase, through production and exploitation gas tankers are liable to strict legal regulations. This paper analyses binding legal acts in the context of gas tankers' exploitation safety.

1. WSTĘP

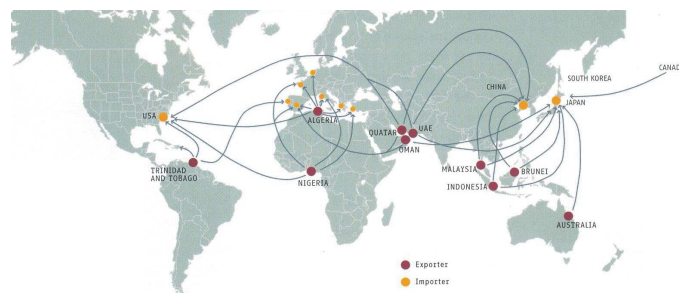
Gazowce LNG są nazywane zapalniczkami oceanów. Przewóz gazu ziemnego, najpopularniejszego paliwa w gospodarstwach domowych zawsze wzbudza wiele dyskusji. Głównymi zagrożeniami występującymi przy przewozie tego typu ładunku są: zagrożenie pożarowe i wybuchowe oraz kriogeniczne temperatury stanowiące zagrożenie dla konstrukcji statku. Gazowce podlegają już od fazy projektowania przez produkcję i eksploatację ścisłym reżimom prawnym. W referacie dokonano analizy, obowiązujących aktów prawnych pod kątem bezpieczeństwa eksploatacyjnego gazowców.

¹ Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, Wydział Techniki Morskiej, Al. Piastów 41, Tel. 600 275 871, e-mail HORN.losiewicz@wp.pl

2. LNG ŁADUNEK W TRANSPORCIE MORSKIM

Gaz ziemny - skrót *LNG* oznacza *Liquefied Natural Gas* – skroplony gaz naturalny. Jego głównym składnikiem jest metan (CH_4), który stanowi od ok. 70 do 95%. Złoża gazu ziemnego znajdują się w większości w warstwach ziemi na lądzie i pod dnem morza. Gaz ten wrze w temperaturze $-162\text{ }^\circ\text{C}$, dlatego w stanie skroplonym pod ciśnieniem atmosferycznym, może być transportowany po oziębieniu poniżej tej temperatury. W stanie gazowym metan jest lżejszy od powietrza. Skroplenie daje możliwość zmniejszenia ponad 600. krotności objętości gazu. Gęstość LNG jest ponad połowę mniejsza niż od gęstości wody ($\gamma=0,415\text{-}0,475\text{ g/cm}^3$ - w zależności od stopnia czystości).

Skroplony metan jest cieczą bezbarwną i bezwoną. LNG nie rozpuszcza się w wodzie, a po rozlaniu w otoczeniu ziemskim, natychmiast paruje, tworzy widoczną mgłę, i nie jest wybuchowy, jeśli znajduje się w przestrzeni otwartej. Natomiast w zbiornikach jest palny tylko w określonym zakresie stężenia (od 5 do 15 %) i może być wybuchowy. Woda po rozlaniu na jej powierzchni skroplonego gazu nie ulega skażeniu i nadaje się do konsumpcji bez konieczności jej oczyszczania. Jak wykazały badania wykonane na początku lat 70. ubiegłego wieku, LNG w wodzie nie eksploduje.



Rys. 1. Uproszczony schemat tras przewozów LNG na Świecie

3. HISTORIA ROZWOJU GAZOWCÓW LNG

Gazowce są bardzo specyficznym typem statków. Dzielą się na gazowce do przewozu skroplonego gazu ziemnego LNG i na gazowce do przewozu gazu rafineryjnego – LPG. Ładunek umieszczany jest w specjalnych zbiornikach związanych na stałe z konstrukcją kadłuba statku. Przez marynarzy statki te nazywane są „zapalniczkami oceanów”. Światowa flota gazowców LNG liczy ok. 340 jednostek.

Gaz zaczęto skraplać w XIX stuleciu, jednakże transport skroplonego gazu drogą wodną na większe odległości rozpoczął się na początku lat 1960. Przewóz LNG na statkach rozpoczęto w USA po przebudowie statku konwencjonalnego *NORMARTI* (ex-WWII „Liberty” *MARLIN HITCH*) na pierwszy gazowiec *METHANE PIONEER*. Posiadał specjalne zbiorniki ze stopu aluminium (5083-0), izolowane balsą, miały 5000 m^3 pojemności. Statek ten wypłynął w swój pierwszy rejs 20 lutego 1959 roku do portu

Canvey Island w Wielkiej Brytanii. W oparciu o doświadczenia z budowy tego statku Lloyd's Register opracował w 1962 roku pierwsze przepisy dla gazowców, w tym dla LNG. W 1964 roku w stoczniach brytyjskich zbudowano dwa statki: *METHANE PRINCESS* i *METHANE PROGRESS* ze zbiornikami ze stopu Al o pojemności ok. 28 000 m³. Równocześnie we Francji trwały prace badawcze nad nowymi rozwiązaniami konstrukcji zbiorników tzw. membranowych, zbudowanych z cienkiej powłoki metalowej i wielowarstwowej izolacji wspartej na wewnętrznej konstrukcji kadłuba. W wyniku tych badań statek drobnicowy *BEAUVAIS* wyposażono w trzy niewielkie, ale różnej konstrukcji eksperymentalne zbiorniki membranowe. Rozpoczął on służbę pod koniec 1962 roku. Pierwszym komercyjnym dużym francuskim gazowcem LNG był *JULES VERNE*. Statek wprowadzono do eksploatacji w marcu 1965 r. Posiadał 7 zbiorników membranowych o pojemności 26 000 m³.

W Norwegii firma *Moss-Rozenberg* pod koniec lat 60. XX wieku, zaprojektowała nowe rozwiązanie - zbiorniki kuliste. Zbiorniki ze stopu aluminium były izolowane panelami z polistyrenu.

Trzeci typ zbiorników – samonośnych pryzmatycznych zbiorników *IHI (Ishikawajima-Harima Heavy Industries – Japonia)* skonstruowano na początku lat 80 XX w. Rozwiązanie to zastosowano po raz pierwszy 1984 na zbiornikowcu o pojemności 125 000 m³.

Po ponad 40. latach tylko kilkanaście stoczní na świecie buduje zbiornikowce LNG: stoczníe w Japonii i Korei, Francji, Hiszpanii i Chinach.

4. CHARAKTERYSTYKA ZBIORNIKOWCÓW LNG

Gazowce LNG zalicza się do statków o najwyższym stopniu zaawansowania technicznego konstrukcji i eksploatacji, z wysoko wyspecjalizowanym wyposażeniem i doskonale wyszkolonymi załogami. Ładunek przewożony jest w temperaturach poniżej -160 °C. Jedną z typowych cech eksploatacyjnych gazowców jest zjawisko odparowania ładunku gazu - nawet ok. 2-6 % w czasie jednego rejsu (*BOR – Boil-Off-Rate – odparowanie dzienne, ok. 0,1 do 0,2 % objętości*). Odparowany ładunek może być usuwany do atmosfery, może być ponownie skraplany lub może być wykorzystywany na statku jako paliwo do napędu głównego jednostki zasilając silniki spalinowe, turbiny gazowe lub kotły wytwarzające parę dla turbin parowych.

● Nośność Zbiornikowców LNG

Flota gazowców LNG składa się głównie ze statków o pojemności od około 75 000 do 200 000 m³, a najczęściej spotykanymi zbiornikowcami są statki o pojemności około 145 000 m³. Średnia pojemność statku LNG wynosi około 118 tyś. m³. Ponieważ wiele gazowców pływa na określonych liniach, projektuje się je tak, aby posiadały optymalne parametry na określonych akwenach. Przykładem są jednostki o pojemności około 75 000 m³ typu *Mediterranean Max*, jako statki o wielkości odpowiedniej dla Morza Śródziemnego.

Gazowce LNG należą do statków o stosunkowo niewielkim zanurzeniu. Zanurzenie to nie przekracza 13 m (nawet największych dzisiaj eksploatowanych), a statki o pojemności 130-140 tyś. m³ mają zanurzenia ok. 11-12 m. Statki te charakteryzują się wyraźnie wyższą częścią nadwodną, zarówno kadłuba jak i nadbudówki, co ma znaczenie z punktu widzenia ewentualnego przejścia pod mostami oraz nawigacji i manewrowania w warunkach dużych sił naporu wiatru.

Tab. 1 Główne dane techniczne gazowców LNG - Przykłady

L.p.	Pojemność zbiorników	Dług. L _{PP}	Szerok. B	Wysok. H	Zanurz. T	Prędk. V _s	Typ zbiorn.	BOR	Rok Bud/proj
-	m ³	m	m	m	m	w	-	%/dz.	-
1	18,800	124.00	25.70	16.60	6.50	15.0	Membr	0.26	1993
2	55,000	209.00	33.00	19.80	9.15	18.0	Membr	0.20	Projekt
4	105,500	271.00	42.50	25.40	11.27	19.0	Sfera		2004
5	125,000	255.00	41.20	25.00	11.00	18.7	Membr	0.18	1983
6	125,000	263.00	43.60	28.00	10.80	18.0	Pryzm		1984
7	125,900	268.00	44.20	25.00	10.80	18.5	Sfera		1991
9	135,000	275.00	48.10	27.00	11.80	19.5	Sfera	0.15	1998
10	145,400	277.00	49.00	27.00	11.90	19.5	Sfera	0.10	2003
11	250,000	326.00	51.40	32.05	13.40	18.0	Membr	0.15	Projekt

Skróty: Sfera - zbiorniki samonośne kuliste - Kvaerner Moss-Rozenberg, Membr - zbiorniki membranowe - Membrane Tank design - Gaz Transport, Technigaz, Pryzm - zbiorniki samonośne pryzmatyczne - IHI

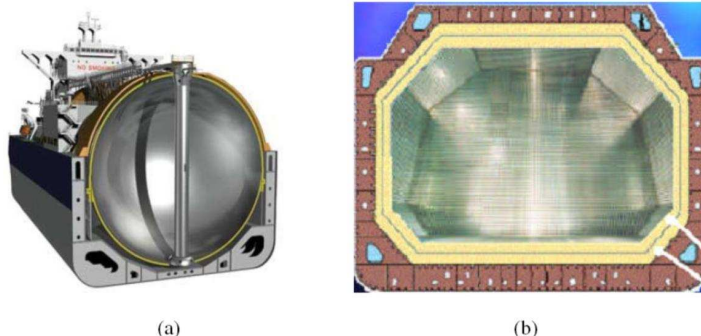
•Cena gazowców LNG

Gazowce LNG należą do najdroższych statków – kosztują 3 razy tyle, co zbiornikowce olejowe tego samego tonażu. Jest to spowodowane wysoką ceną specjalistycznych materiałów oraz złożonością procesów technologicznych podczas budowy. Cena nowych statków LNG w ciągu kilku ostatnich lat znacznie spadła –typowy zbiornikowiec 140 000 m³, cena ta wynosi około 160-200 mln USD, przy cenie około 220-250 mln USD w roku 1992.

5. KONSTRUKCJA ZBIORNIKOWCÓW LNG

Gazowce podlegają specjalnym przepisom towarzystw klasyfikacyjnych dotyczących ich budowy, wyposażenia i eksploatacji. Przepisy te opracowane są w oparciu o Kodeks IMO – IGS, oraz o wieloletnie doświadczenia i prace badawcze towarzystw, operatorów i instytucji związanych z transportem LNG drogą morską.

Współczesne gazowce LNG wyposaża się w jeden z trzech podstawowych typów zbiorników:



Rys. 2. Zbiorniki LNG – kuliste Moss-Rozenberg i membranowe (b)

- zbiorniki samonośne – kuliste lub pryzmatyczne – rys. a b,
- zbiorniki wbudowane – membranowe: gładkie lub z wytłoczeniami – rys. 3.



Rys. 3. Montaż zbiorników kulistych LNG – Moss-Rozenberg (A), montaż zbiorników membranowych LNG - Technigaz

W miarę zdobywania doświadczenia wprowadza się do konstrukcji gazowców modyfikacje i innowacje tych systemów. Przykładem może być stosowany na budowanych we Francji zbiornikowcach $154\ 000\ m^3$ – PROVALYS i GASELYS najnowszy kombinowany system membranowy GTT System 1 (CS1). Statki te będą miały cztery zbiorniki ładunkowe firm Gaz Transport i Technigaz (GTT). Nowy system wykorzystuje dobre cechy dwóch wcześniejszych systemów: Mark III (Technigaz - membrana pofalowana, z wytłoczeniami) i systemu No. 96, wg Gaz Transport (membrana gładka). Według bieżących statystyk statków w eksploatacji, blisko 53 % jednostek posiada systemy membranowe (Gaz Transport i Technigaz) zaś 42 % zbiorniki kuliste Moss-Rozenberg. Zbiorniki kuliste aluminiowe dominowały w budowach gazowców w latach 1983 – 1990. Obecnie większość statków buduje się ze zbiornikami membranowymi.

- Właściwości wytrzymałościowe gazowców LNG

Podstawowe zagadnienia wytrzymałości zbiornikowców LNG to: odporność zmechaniczna konstrukcji zbiorników i sąsiadującej konstrukcji kadłuba w niskich temperaturach, wytrzymałość kadłuba i zbiorników w przypadku wejścia na mieliznę i w kolizjach, odporność konstrukcji na obciążenia swobodnej powierzchni cieczy w zbiornikach.

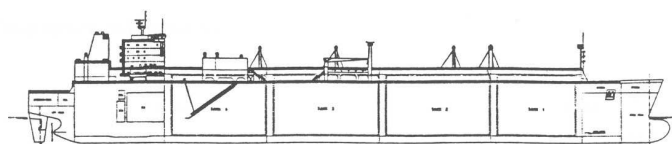
Do zagadnień eksploatacyjnych związanych ze specyficzną, wypiętrzoną sylwetką statku gazowców należą przede wszystkim: widoczność z mostku, wpływ wiatru na manewrowość i stateczność kursową statku, wpływ architektury na opory statku.

Analiza porównawcza obu systemów – membranowego i sferycznego – wykazuje pod wieloma względami przewagę systemu membranowego. Dotyczy to np. powierzchni rzutu sylwetki statku w kierunku wzdłużnym i poprzecznym – przykład porównania trzech statków klasy 125 000-130 000 m³ pokazuje też tabela 2 i rys. 4 z pracy [3].

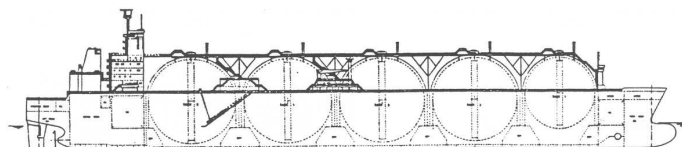
Operatorzy gazowców zwrócili uwagę na wpływ koncentracji gazu w przestrzeni pomiędzy dwoma barierami systemu membranowego na bezpieczeństwo statków. Jednym z rozważanych przez SIGTTO oraz Gaz Transport i Technigaz (GTT) problemów bezpieczeństwa konstrukcji gazowców jest zagrożenie wybuchem lub eksplozją w przestrzeni izolacyjnej zbiorników oraz pęknięcia kruche wewnętrznej konstrukcji kadłuba na skutek kontaktu z gazem i niską temperaturą, w przypadku jego przeniknięcia przez barierę zbiornika, ROUE (2005).

Tab. 2 Porównanie statków LNG z różnymi rozwiązaniami zbiorników, wg [3]

L.p.	Typ systemu zbiorników		MOSS ROSENBERG Kuliste	MOSS ROSENBERG Kuliste	GAZ TRANSPORT Membranowe
1	Liczba zbiorników		4	5	4
2	Pojemność	m ³	125 000	127 500	130 000
3	Długość całkowita	m	272.00	295.00	274.30
4	Długość m-dzy pion.	m	255.00	274.00	260.80
5	Szerokość	m	47.20	45.60	43.30
6	L/B		5.40	6.00	6.02
7	Wysokość boczna	m	26.50	25.50	25.40
8	Zanurzenie	m	10.67	10.75	10.95
9	Rzut poprzeczny	m ²	1620	1475	1230
10	Rzut wzdłużny	m ²	7450	7540	5790



zbiorniki membranowe



zbiorniki kuliste

Rys. 4. Porównanie sylwetek gazowców z różnymi systemami zbiorników

Warto też zwrócić uwagę, że większość prac remontowych i napraw na gazowcach LNG dotyczy napraw i konserwacji systemów okrętowych oraz zbiorników, a nie konstrukcji kadłuba [4]. Aczkolwiek naprawy bywają sporadycznie niezbędne, są one jednak marginalne w porównaniu do tych na produktowcach i drobnicowcach.

6. NAPĘD GŁÓWNY GAZOWCÓW LNG

Najpopularniejszym napędem na dotychczas budowanych gazowcach, od 40 lat, jest napęd turbinowy parowy z kotłami głównymi, wykorzystującymi gaz lub paliwo ciężkie do wytwarzania pary wodnej („dual-fuel”). Ostatnie lata owocowały przysposobieniem do spalania LNG ładunkowego tłokowych silników okrętowych. Do nowych koncepcji dla największych projektowanych gazowców 130-250 tys. m³ należą turbiny gazowe, z pomocniczym kotłem wykorzystującym gazy wylotowe i turbiną parową napędzającą

generatory prądu. Przełomem w tej dziedzinie było oddanie w połowie 2006 roku – największego z eksploatowanych w tym momencie gazowców LNG – budowanego na zamówienie Gaz de France w stoczni Alstom – Chantier de l'Atlantique statku PROVALYS, o pojemności zbiorników membranowych 154 000 m³. Przewidziany napęd, dostarczony przez firmę Wartsila jest podobny do stosowanego na większości wycieczkowców – silniki spalinowe na paliwo ciężkie i gaz oraz pędniki z napędem elektrycznym. Moc napędu około 39,9 MW zapewni prędkość eksploatacyjną 19,5 węzła. Dzięki spalaniu gazu rozwiązanie to jest ekonomiczniejsze i dzięki mniejszym zanieczyszczeniom - przyjazne dla środowiska. Stosowane dotąd turbiny parowe są droższą inwestycją, wymagają dużej przestrzeni na instalację przekładni oraz bardziej wykwalifikowanej obsługi, a dostawcami są dzisiaj jedynie tylko dwie liczące się firmy – Kawasaki i Mitsubishi.

Eksploatowane zbiornikowce LNG, o pojemności do około 145 000 m³ to statki z jednym układem napędowym „źródło mocy/śruba”. Jednak tendencja budowy coraz większych statków oraz wymogi zwiększonego bezpieczeństwa eksploatacji zmuszają do budowy podwójnych instalacji napędowych. Za napędem dwoma śrubami przemawiają też ograniczenia zanurzenia statków. Limitowana zanurzeniem wielkość średnicy jednej śruby nie pozwala przenieść wystarczającej mocy dla zapewnienia żądanej prędkości statku. Zatem odchodzi się już od tradycyjnego napędu jedną turbiną parową, stosowanego na większości gazowców. A ponieważ dwie turbiny parowe, z uwagi na komplikacje konstrukcyjne i wymiary, okazują się również mniej atrakcyjne, stąd rozważania idą w kierunku następujących propozycji: napędy spalinowo-elektryczne, wolnobieżne silniki spalinowe przystosowane do zasilania gazem naturalnym, turbiny gazowe. Dodatkową korzyścią tych rozwiązań jest możliwość skrócenia przedziału maszynowego i zwiększenie pojemności ładunkowej.

7. PROBLEMY BEZPIECZEŃSTWA GAZOWCÓW LNG

Niebezpieczne zdarzenia na morzu niosą za sobą bardzo szeroką skalę ich skutków – od wypadków niegroźnych aż po katastrofy z utratą statku i ludzi. Przepisy morskie wyraźnie wskazują konieczność przeprowadzania wnikliwych analiz ryzyka i skutków zdarzeń w oparciu o różne techniki badań przy jednoczesnym wykorzystaniu doświadczeń płynących z eksploatacji statków w przeszłości.

W opinii publicznej – zbiorniki a tym bardziej statki przewożące LNG z kilkoma olbrzymimi zbiornikami (po 30 tys. m³ i więcej) - uchodzą za ogromne potencjalne zagrożenie i nazywa się je nieraz „bombami” na wodzie. Jednak statystyki wypadków i katastrof – na szczęście tego nie potwierdzają. Na przykład przez ostatnie 20 lat transportu LNG z Indonezji do Japonii nie zanotowano żadnego poważnego wypadku. Nieliczne odnotowane przypadki w innych rejonach dowodzą wręcz, że przewóz drogą morską gazów skroplonych jest jedną z najbezpieczniejszych działalności transportowej człowieka. Liczba ujawnionych uszkodzeń zbiornikowców LNG jest niewielka. Ilustrują to dane firmy Colton Company.

Tab. 3 Przypadki uszkodzeń w morzu zbiornikowców LNG (wg Colton Company)

L.p.	Rok	Statek	Okoliczności	System ładunkowy	Opis wypadku	Wyciek	Uszkodzenia
1	2	3	4	5	6	7	8
1	1977	LNG Delta	W morzu	Technigaz	Usterka zaworu	Tak	Brak
2	1979	El Paso Paul Keyser	W morzu	GT	Wejście na mieliznę	Nie	Poważne uszkodzenie konstrukcji kadłuba i systemu ładunkowego
3	1980	LNG Libra	W morzu	Moss	Przesunięcie linii wałów w kierunku steru	Nie	Pęknięcia na wale śrubowym
4	1990	Bachir Chihani	W morzu	GT	Zmęcz. konstr. kadłuba	Nie	Pęknięcia konstrukcyjne

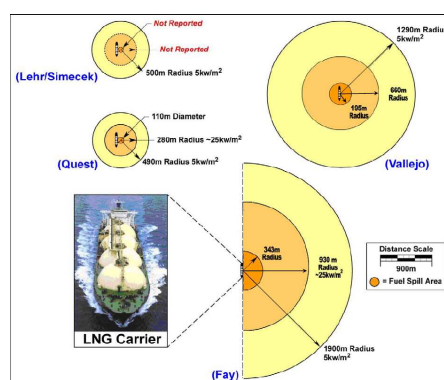


Rys.5. Awaria systemu i wyciek LNG

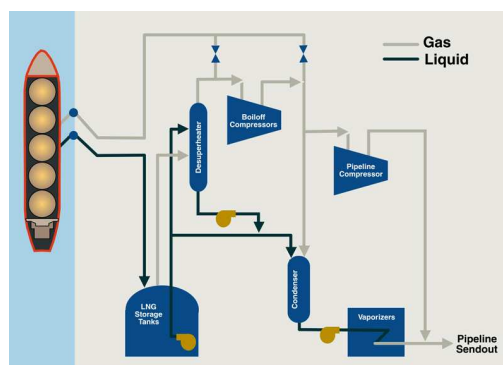
Zapewnione na gazowcach LNG odseparowanie ładunku od otoczenia – tlenu i powietrza – całkowicie eliminuje niebezpieczeństwo wybuchu zbiorników. W zbiornikach cały czas jest utrzymywane niewielkie ciśnienie dodatnie, zatem jest w nich tylko ładunek płynny lub jego opary. Eliminuje to niebezpieczeństwo wystąpienia atmosfery palnej w zbiorniku. Gazowce posiadają zamknięty system ładunkowy bez wentylacji ku atmosferze. Zwykle zamontowuje się rurociąg powrotny na bieżek. Zapewnienie odcięcia systemu ładunkowego od tlenu atmosferycznego oraz odpowiednie bariery zapobiegające wydostawaniu się ładunku do atmosfery stanowią koncepcję projektową bezpieczeństwa instalacji ładunkowych zbiornikowców LNG.

Podstawowe wymagania dotyczące konstrukcji, wyposażenia i eksploatacji gazowców zawarto w przepisach przyjętych przez IMO (International Maritime Organization) tzw. „Międzynarodowy Kodeks Budowy i Wyposażenia Statków Przewożących Skroplone Gazy Luzem” (International Code for the Construction and Equipment of Ships Carrying Liquefied Gases in Bulk – IGC Code, 1986, ostatnia wersja z roku 1993 i poprawki do

2000 roku). Kodeks ten, ratyfikowany przez rządy państw zaangażowanych w żeglugę międzynarodową, pozwala zaopatrzyć statek w odpowiednie świadectwo (Certificate of Fitness for the Carriage of Liquefied Gases in Bulk). Kodeks ma zastosowanie do wszystkich rodzajów niebezpiecznych skroplonych gazów, a LNG jest jednym z 32 wymienionych w liście ładunków. Kodeks zajmuje się głównie sprawami konstrukcji statku i jego wyposażenia. W celu zapewnienia bezpiecznego przewozu produktów muszą być wzięte pod uwagę też inne istotne aspekty bezpieczeństwa transportu takie jak szkolenie załóg statku i terminali, obsługa, kontrola ruchu i operacje przeładunkowe w portach. Stanowią one przedmiot osobnej analizy IMO oraz administracji morskich. Dotyczą one terminali za- i wyładunku, przetwarzania cieczy jak i cumowania i innych operacji portowych.



Rys.6. Badania modelowe rozprzestrzeniania się płomienia po zapłonie gazu naturalnego



Rys. 7. Schemat rozładunku zbiornikowca LNG, najbardziej niebezpiecznej operacji dla statku i terminalu

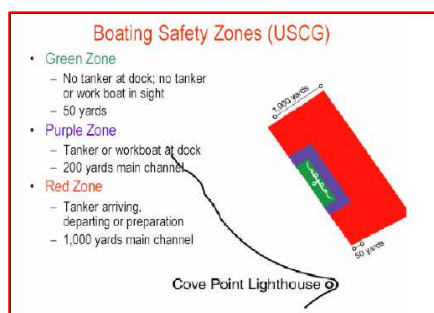
Statki LNG w świetle Kodeksu, ze względu na zagrożenie i temperaturę, należą do grupy statków, dla której wymagany jest standard dla tzw. Statku typu 2G. Określenie to dotyczy statków przewidzianych do transportu produktów, które wymagają znacznych środków

ostrożności dla uniemożliwienia wydostania się takiego ładunku. Ten postulat bezpieczeństwa zapewniają zbiorniki odpowiedniej konstrukcji oraz kadłub statku. Podstawowa filozofia bezpiecznego przewozu statkiem gazu skroplonego oparta jest o założenie budowy podwójnej przegrody – bariery pierwotnej (I) i wtórnej (II). Ogólnie można powiedzieć, że statek ma dwa układy konstrukcyjne – kadłub, jako nośną konstrukcję wytrzymałościową, oraz zbiorniki na ładunek. Przestrzeń pomiędzy tymi barierami jest przestrzenią bezpieczeństwa, oddzielającą ładunek od środowiska i zabezpieczającą przed wyciekami ładunku do środowiska na wypadek nieszczelności ścian zbiornika. Taka separacja musi być sprawna przez minimum 15 dni od chwili awarii zbiornika – I bariery. Koncepcja „podwójnego kadłuba” (statek ma też dno podwójne), zwiększa bezpieczeństwo na wypadek ewentualnej kolizji lub wejścia na skały czy mieliznę.

Przykładem działania administracji morskiej w zakresie standardów podnoszących bezpieczeństwo eksploatacji gazowców mogą być zalecenia amerykańskiej administracji oraz morskiej straży granicznej Coast Guard – Navigation and Inspection Circular NVIC 05-05 –Guidance on Assessing the Suitability of a Waterway for Liquefied Natural Gas. Ma to znaczenie zwłaszcza wobec zmieniających się wymagań bezpieczeństwa w obliczu nasilenia ruchu statków i innych czynników tak ważnych z punktu widzenia opinii publicznej na temat bezpiecznego przewozu LNG w gęsto zaludnionych regionach świata.

Problemy bezpieczeństwa gazowców, z uwagi na charakter ładunku, w większym stopniu niż ma to miejsce w stosunku do konwencjonalnych statków towarowych, obejmują zagrożenia płynące z terroryzmu morskiego. Nie chodzi tutaj o akty piractwa na morzu (o podłożu czysto ekonomicznym), lecz o spektakularne akty przemocy (mające podłoże polityczne) jak minowanie drogi wodnej, bezpośrednie ataki i zajmowanie statku wraz z załogą, ataki bombowe i akty samobójcze czy inne formy terroryzmu znane na lądzie i w powietrzu, a w ostatnich latach również na morzu.

Bezpieczeństwem żeglugi w portach europejskich interesuje się też Komisja Europejska, zwłaszcza po znanych tragicznych w skutkach katastrofach zbiornikowców i masowców. Wyrazem są pakiety dyrektyw znane jako pakiety bezpieczeństwa Erika I, II i III. Niektóre z wymagań i zaleceń tych pakietów może dotyczyć również gazowców – np. o wzmocnieniu wymagań kontrolnych w krajach rejestracji statków, kontroli i monitorowania ruchu, ratownictwa i innych.



Rys. 8. Wyznaczone dla gazowca strefy zagrożenia, eliminujące w wyznaczonej strefie ruch innych jednostek

8. PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Analizując właściwości gazu ziemnego i techniki jego przewozu drogą morską można uznać, że przy zachowaniu środków bezpieczeństwa jest to transport o akceptowalnym poziomie bezpieczeństwa.

Obecnie obowiązujące przepisy prawne dobrze zabezpieczają aspekt konstrukcyjny i eksploatacyjny dotyczący przewozu gazów skroplonych gazowcami.

Należy pamiętać, że gazowce poruszają się najczęściej po ogólnie uczęszczanych szlakach żeglugowych i muszą zawijać do portów. Jak wynika z analizy dostępnych materiałów, największym zagrożeniem dla gazowców są kolizje, do których najczęściej dochodzi na podejściach do portów.

Przed tego typu incydentami nie zabezpiecza ich nawet stosowanie specjalnych torów wodnych. Zawsze istnieje ryzyko przypadkowej kolizji z inną jednostką.

Mimo, że w ostatnich latach nie zanotowano żadnej spektakularnej katastrofy gazowca LNG, zawsze należy pamiętać, że LNG jest ładunkiem niebezpiecznym, łatwopalnym, a człowiek ulega zmęczeniu, emocjom, które mogą spowodować wypadek o nieprzewidywalnych skutkach. Dlatego też należy kontynuować szkolenia i treningi w celu wyeliminowania tzw. czynnika ludzkiego.

9. BIBLIOGRAFIA

- [1] *ABS: Guide for Design and Installation of Dual-Fuel Engines. American Bureau of Shipping. 2002*
- [2] *IMO: Międzynarodowy kodeks budowy i wyposażenia statków przewożących skroplone gazy luzem. (Kodeks IGC). – International Code for the Construction and Equipment of Ships Carrying Liquefied Gases in Bulk. Polski Rejestr Statków, Gdańsk 2001*
- [3] *IMO: SOLAS 74- Międzynarodowa Konwencja o Bezpieczeństwie życia na Morzu, PRS, Gdańsk 2006*