

ZARZĄDZANIE RYZYKIEM CUMOWANIA GAZOWCÓW LNG POPRZEZ ODPOWIEDNIĄ OBSŁUGĘ MANEWRÓW CUMOWANIA NA PRZYKŁADZIE TERMINALU LNG W ŚWINOUJŚCIU

Streszczenie

W artykule przedstawiono typową budowę i wyposażenie terminalu LNG w urządzenia cumownicze. Scharakteryzowano parametry techniczno-eksploatacyjne potencjalnej jednostki transportującej skroplony gaz ziemny. Dokonano analizy stanowiska cumowniczego terminalu LNG w Świnoujściu na zgodność z wytycznymi w oparciu o wytyczne organizacji SIGTTO i OCIMF. Poddano analizie grupę czynników zewnętrznych (warunki hydrometeorologiczne, błąd ludzki) mających wpływ na bezpieczeństwo operacji cumowania przy nabrzeżu.

WSTĘP

Zarówno statek jak i terminal należy wyposażyć w urządzenia cumownicze, zapewniające możliwość bezpiecznego cumowania statku przy nabrzeżu lub przystani pływającej. Specyfikacja konstrukcji urządzeń cumowniczych, zależna jest od rodzaju statku i nabrzeża. Determinuje ona późniejszą bezpieczną eksploatację statku podczas postoju. Aby zminimalizować ryzyko wypadku podczas manewru cumowania czy późniejszej eksploatacji zacumowanej jednostki, należy zaprojektować odpowiednie urządzenia, dobrać liny oraz przygotować procedury postępowania i instrukcje dla pracowników.

Uwzględniane jest wówczas wiele czynników, np. typ statków przewidziany do eksploatacji, w szczególności jego parametry: długość, szerokość, kształt kadłuba, powierzchnia podwodzia i nawiewu, maksymalne wysokości fali, wartości prądów i wiatru oraz warunki hydrometeorologiczne, takie jak maksymalna wysokość fali, wartość prądów i wiatru. W przypadku statków LNG oraz terminali gazowych, wytyczne przedstawione są w standardach OCIMFu1, SIGITTO2 czy ISGOTT3. Istotny wpływ na bezpieczeństwo cumowania statku ma również czynnik ludzki. Odpowiednie przeszkolenie zarówno załóg statków jak i pracowników portów oraz postępowanie wg zalecanych procedur powinno zminimalizować ryzyko wypadków czy uszkodzeń. W artykule omówiono wpływ wymienionych powyżej czynników na bezpieczne cumowanie statku na przykładzie gazowca LNG i terminalu przeładunkowego skroplonego gazu ziemnego LNG w Świnoujściu.

1. BUDOWA I WYPOSAŻENIE CUMOWNICZE TERMINALU LNG

Terminal LNG składa się z dwóch części:

- portowej łącznie z podejściem,
- lądowej.

Część portowa terminalu LNG realizuje obsługę gazowca LNG, w której można wyróżnić następujące fazy:

1. podejście statku do portu,
2. manewry portowe,
3. podejście statku do nabrzeża rozładunkowego, manifoldu,

4. rozładunek gazowca podłączonego do manifoldu z infrastrukturą transportującą LNG do .

Część lądowa terminalu LNG realizuje magazynowanie, regazyfikację i przesyłanie LNG. Można tu wyróżnić następujące fazy:

1. wyładunek gazowca LNG,
2. magazynowanie LNG,
3. skraplanie lub regazyfikacja LNG,
4. przesyłanie gazu naturalnego w postaci ciekłej lub gazowej.

Wspólną czynnością obu części terminalu jest załadunek lub rozładunek gazowca LNG. Oprócz części portowej, bardzo istotne jest wyposażenie części lądowej terminalu LNG związane z operacjami ładunkowymi [4].



Rys. 1. Terminal Dawei LNG [6]

Portowa część terminalu LNG

Terminal LNG niezależnie od roli jaką spełnia: eksportową czy importową, posiada pewien zestaw cech charakterystycznych opisujących jego funkcjonalność. Charakteryzuje się określoną zdolnością przeładunkową (załadunku i wyładunku) oraz wielkością obsługiwanych statków (maksymalnych i minimalnych). Terminale można podzielić na jedno i wielo-stanowiskowe. Lokalizacja terminali LNG jest uzależniona od aktualnych warunków. Można je podzielić na [5]:

- terminale na otwartym morzu,
- terminale na akwenuie osłoniętym,
- terminale na rzece.

Terminal na otwartym morzu wymaga wybudowania dodatkowej osłony od fali morskiej czyli falochronu, a jego lokalizacja musi

¹ Oil Companies International Marine Forum

² Society Of International Gas Tanker & Terminal Operators

³ INTERNATIONAL SAFETY GUIDE FOR OIL TANKERS AND TERMINALS

być poprzedzona analizą falowania oraz badaniami hydraulicznymi w obrębie podejścia i stanowiska przeładunkowego. W każdym przypadku konieczne także jest zapewnienie odpowiedniej rezerwy wody pod stępką z uwzględnieniem pływów, spięrzeń wody i innych elementów. Przykładem takiej lokalizacji jest terminal importowy w Świnoujściu.

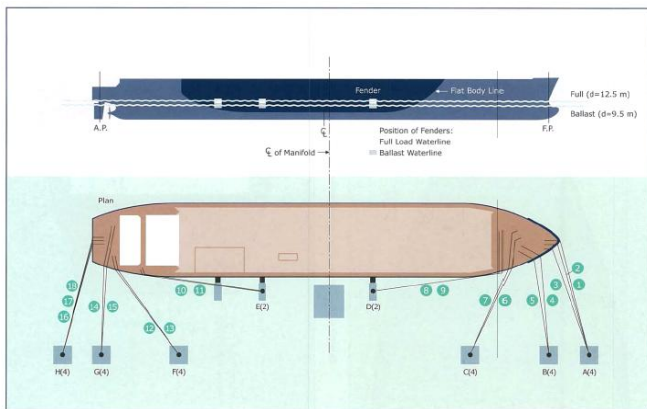
Terminal LNG na akwencie osłoniętym nie wymaga budowy fałochronu, tu należy jednak dodatkowo zbadać wpływ wiatru, prądów i pływów. Takim terminalem jest np. Koreański terminal w Incheon, gdzie naturalną zasłonę od fali stanowią brzożki zatoki. [4]

1.1. Wyposażenie stanowiska przeładunkowego

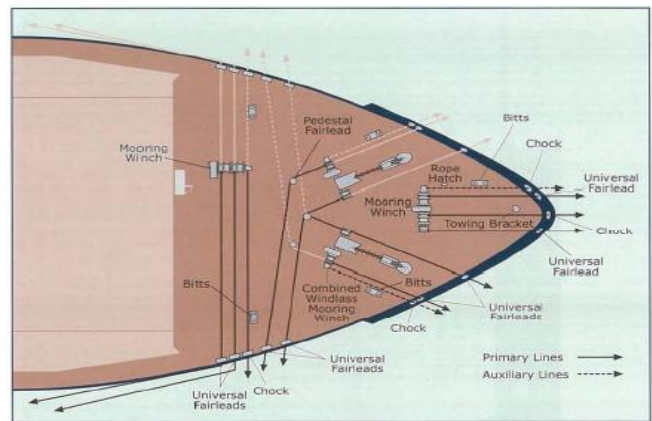
Wyposażenie terminalu LNG (stanowiska przeładunkowego) związane z postojem gazowców stanowią następujące elementy:

- wyposażenie cumownicze,
- wyposażenie w urządzenia odbojowe,
- systemy monitoringu parametrów środowiskowych i hydrometeorologicznych.

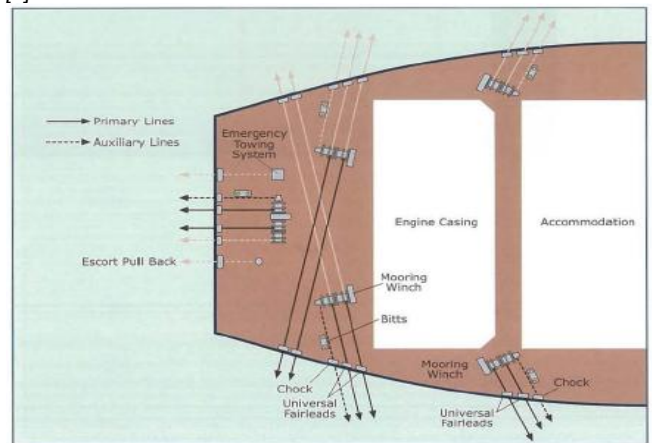
Dobór wyposażenia cumowniczego jest podyktowany wielkością maksymalną cumujących jednostek, warunkami postoju oraz wielkością pływu na tym akwencie. Typowy system cumowniczy jednostek LNG składa się z haków cumowniczych umieszczonych zarówno na głównej części terminalu jak i na przyległych wyspach cumowniczych. [6] Przepisy i warunki cumowania określają zarówno zalecenia międzynarodowe ISGOTT (SIGTTO) i OCIMF oraz przepisy lokalne, np. decyzje Dyrektora właściwego Urzędu Morskiego. Warunki bezpiecznego postoju gazowców zakładają najczęściej układ cumowniczy: 2 szpringi, 2 bresty i 2 cumy, zarówno dla dziobu jak i rufy. Typowy układ cumowniczy z 6 wyspami cumowniczymi oraz 4 wysepkami dla odbojnic i stanowiskiem dla nalewaków przedstawiono na Rys. 2.



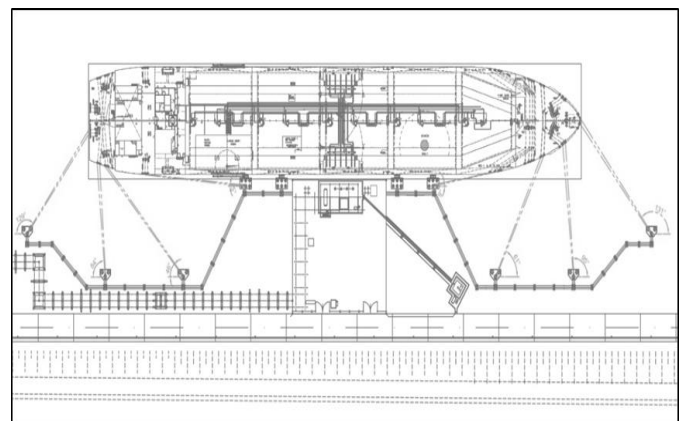
Rys. 2. Typowy układ cumowniczy dla gazowca LNG [3]



Rys. 3. Układ cumowniczy w części dziobowej i rufowej statku [3]



Plan cumowania gazowca LNG typu Q-flex przewidzianego do eksploatacji na terminalu LNG w Świnoujściu przedstawia Rys. 4.



Rys.4. Plan cumowania gazowca typu Q-flex przy stanowisku rozładunkowym w Porcie Zewnętrzny Świnoujście [Źródło: materiały Qatargas – pismo PGNiG z dn. 01.02.2011r.]

Stosowane liny cumownicze typu HMPE4 o obciążeniu zrywających około 137t / 1342 kN. Długość wszystkich przedstawionych cum, brestów i szpringów (16 lin) jest w przybliżeniu jednakowa dlatego nie uwzględniono różnic w wydłużeniu i obciążeniu poszczególnych lin. Statek cumowany jest zarówno do manifoldów rozładunkowych jak i dalb cumowniczych [1].

⁴ High Molecular Weight Polyethylene

2. STATEK CHARAKTERYSTYCZNY DO PRZEWOZU GAZU LNG

Transport gazu skroplonego drogą morską wymaga specjalistycznych statków zwanych także zbiornikowcami kriogenicznymi. Są to zarówno statki LPG (Liquefied Petroleum Gas) przewożące propan czy butan oraz LNG (Liquefied Natural Gas) służące do przewozu i skroplonego metanu. Transport gazu na jednostkach LNG odbywa się w bardzo niskiej temperaturze i ciśnieniu atmosferycznym, co zalicza te statki do grupy gazowców pełno chłodzonych. Statki takie są wyposażone w zbiorniki membranowe lub kuliste. Ładownie tego typu statków są olbrzymimi termosami na wrzącą ciecz o temperaturze $-163\text{ }^{\circ}\text{C}$. [4] Zbiorniki na ciekły gaz muszą zachować swoją szczelność, mieć niską rozszerzalność cieplną, chronić przewożony ładunek przed nagrzewaniem. Budowa gazowców LNG jest dużym wyzwaniem technologicznym, stąd też zaledwie dziesięć krajów posiada odpowiednie technologie, bazę i doświadczenie [4].

2.1. Gazowce LNG przewidziane do eksploatacji w Świnoujściu

Na terminalu LNG w Świnoujściu planowana jest eksploatacja gazowców LNG o pojemności ładunkowej od 120 000 m³ do 216 000 m³. Analizując „charakterystyczne” gazowce LNG przewidziane do eksploatacji w porcie zewnętrznym w Świnoujściu określono parametry gazowca „maksymalnego”. Maksymalnym gazowcem LNG, dla którego zaprojektowano port zewnętrzny w Świnoujściu oraz tor podejściowy do niego, to gazowce LNG typu Q-flex o podstawowych parametrach:

pojemność ładunkowa:	VL ~ 216 000 m ³ ;
długość całkowita:	Lc ~ 315 m;
szerokość:	B ~ 50 m;
zanurzenie:	T ~ 12,5 m



Rys. 5. Statek typu Q-flex [7]

Parametry typowych gazowców LNG typu Q-flex przewidzianych przez przyszłego przewoźnika Qatargas do eksploatacji w terminalu LNG w Świnoujściu przedstawiono w tabeli 1.

Analizując parametry wszystkich trzech podanych przez Qatargas Q-flex'ów można stwierdzić, że różnice między nimi są nieistotne z punktu widzenia warunków eksploatacji.

3. WPŁYW WARUNKÓW HYDROMETEOROLOGICZNYCH NA BEZPIECZEŃSTWO CUMOWANIA STATKU

Na bezpieczeństwo cumowania gazowców LNG w Porcie Zewnętrznym Świnoujście mają wpływ następujące warunki hydrometeorologiczne:

1. wiatry (maksymalne prędkości i kierunki).
2. prądy (maksymalne prędkości i kierunki).
3. falowanie (maksymalna wysokość fali i kierunek).

Manewry wejścia, wyjścia, obracania i cumowania gazowca LNG wykonywane są przy pomocy 4 holowników i rozpoczynają się na trawersie pary pław 7-8.

Warunki **postoju** statku przy nabrzeżu przyjęto następująco:

- prędkość wiatru: $V_w \leq 22\text{ m/s}$
- kierunek wiatru: bez ograniczeń
- prędkość prądu: $V_p = 0$
- rezerwa na minimalny stan wody: $\Delta \leq |-1,25|\text{ m}$
- wysokość fali:(nieregularna) $h_f \leq 1,0\text{ m}$
- warunki lodowe: bez ograniczeń

Warunki graniczne rozładunku gazu ze statku przyjęto następująco:

- prędkość wiatru: $V_w \leq 15\text{ m/s}$
- kierunek wiatru: bez ograniczeń
- wysokość fali: $h_f \leq 1,0\text{ m}$
- rezerwa na minimalny stan wody: $\Delta \leq |-1,25|\text{ m}$
- rezerwa na maksymalny stan wody: $\Delta \leq |+2,1|\text{ m}$
- warunki lodowe: bez ograniczeń

4. WPŁYW CZYNNIKA LUDZKIEGO NA BEZPIECZEŃSTWO CUMOWANIA.

Do osób zaangażowanych przy operacji cumowania na terminalu należy zaliczyć:

- a) Pilotów,
- b) Brygadę cumowniczą,
- c) Operatorów nabrzeża,
- d) Inne służby pomocnicze takie jak: strażacy, oficerowie ochrony czy obsługa techniczna.

4.1. Piloci

Lokalne władze portowe są odpowiedzialne za obsadzenie gazowca LNG wchodzącego do portu w Świnoujściu odpowiednio wyszkolonym i wykwalifikowanym pilotem, bywa jednak, że kompanie olejowe używają swoich własnych pracowników tzw. Berthing / Mooring Masters. W normalnych warunkach terminal musi utrzymywać stały kontakt z władzami portowymi i stacją pilotów w celu omówienia spraw związanych z operacją cumowania czy wyborem pilota. W przypadku terminalu LNG operacje cumowania obciążone są wysokim ryzykiem, dlatego też należy położyć duży nacisk na wyszkolenie i podnoszenie kwalifikacji tych właśnie osób [5].

4.2. Brygada cumownicza

Do zadań podejmowanych przez personel lądowy podczas pobytu statku na terminalu należy między innymi:

- ustawienie statku na właściwej pozycji
- obsługa lin cumowniczych włączając w to łódkę cumowniczą
- zapewnienie, że statek jest bezpiecznie zacumowany
- odcumowanie statku.

Dobór właściwie wyszkolonej brygady cumowników ma znaczący wpływ na proces bezpiecznego cumowania jednostek [5]. Jest to operacja wysokiego ryzyka dla statku, terminalu i cumowników. Niesprawne cumowanie może spowodować opóźnienie statku, a w najgorszym przypadku może doprowadzić do uszkodzenia jednostki lub nabrzeża, a w dalszej konsekwencji do zanieczyszczenia środowiska lub okaleczenia personelu.

4.3. Operator nabrzeża

Osoba pełniąca tę funkcję musi być odpowiednio przeszkolona w zakresie działalności terminalu i nabrzeża i zaznajomiona z operacjami statkowymi w celu zapewnienia bezpiecznego zarządzania w relacji statek- brzeg. Przy każdym manewrze, w każdej sytuacji najistotniejszym czynnikiem, mającym najważniejszy wpływ na bezpieczeństwo statku i operacji, jest człowiek. Większość wypadków morskich jest wynikiem błędu ludzkiego (human error). Składowymi tego błędu są:

- błędne decyzje
- brak doświadczenia
- niewłaściwa ocena możliwości jednostek i sytuacji
- zaniedbania.

Nie jest możliwe całkowite wyeliminowanie elementu ludzkiego zawsze w mniejszym lub większym stopniu ma on wpływ na końcowy wynik działań. Istnieje jednak możliwość obniżenia poziomu ryzyka wystąpienia sytuacji awaryjnej spowodowane czynnikiem ludzkim poprzez [2]:

- prowadzenie operacji cumowania zgodnie z wytycznymi organizacji: SIGTTO, OCIMF, IMO.
- przestrzeganie standardów systemu jakości (ISO 9000), systemu zarządzania ochroną środowiska (ISO 14000) oraz systemu bezpieczeństwa na stanowisku pracy (OHSAS 16000).
- korzystanie z systemu zarządzania bezpieczeństwem opartego na analizie ryzyka wymagane przez Dyrektywę 96/82 EC.
- opracowanie i trenowanie (ćwiczenie) procedur sytuacji awaryjnych oraz planów awaryjnych.
- szkolenia dla pracowników

- właściwy dobór personelu.

Obsada personelu terminalu LNG zależy od[5]:

- przepisów krajowych
- lokalnych przepisów portowych
- rozmiaru terminala
- liczby i rozmiaru nabrzeży
- możliwości przeładunkowych terminala
- wyposażenia i infrastruktury
- poziomu bezpieczeństwa – ochrony.

W chwili obecnej brak jest specjalistycznego personelu jak i doświadczeń w eksploatacji nabrzeży należących do terminali LNG. Wprowadzenie i egzekwowanie standardów jakości i bezpieczeństwa rekomendowanych przez OCIMF, odpowiednie kursy i szkolenia jak i dobór odpowiedniego sprzętu i wyposażenia może znacznie obniżyć ryzyko związane z operacjami cumowania.

PODSUMOWANIE

Zarządzanie ryzykiem cumowania statków przy terminalu LNG jest bardzo poważnym zagadnieniem ze względu na specyfikę i niebezpieczeństwa jakie wynikają z tej operacji. Dobór urządzeń cumowniczych jest złożonym procesem podczas którego należy przeanalizować dokładnie wiele grup czynników. Właściwa analiza tych czynników ma wpływ na poziom bezpieczeństwa operacji manewrowych zarówno od strony statku LNG jak i terminalu.

Wprowadzenie standardów jakości i bezpieczeństwa rekomendowanych przez OCIMF, SIGTTO czy IMO przyczyni się do zmniejszenia ryzyka wystąpienia sytuacji niebezpiecznych. Długoterminowa i dokładna analiza warunków hydrometeorologicznych ułatwi dobór materiałów i elementów konstrukcyjnych nabrzeża. Znajomość parametrów eksploatacyjno – technicznych jednostki LNG jest kolejnym ułatwieniem podczas procesu doboru urządzeń cumowniczych. W późniejszym etapie eksploatacji terminalu podnoszenie kwalifikacji i szkolenie personelu będzie utrzymywało ryzyko wystąpienia sytuacji awaryjnych na bezpiecznym poziomie.

BIBLIOGRAFIA:

1. ISGOTT: International Safety Guide for Oil Tankers and Terminals;
2. OCIMF Maning at Conventional Marine Terminals June 2008;
3. OCIMF Mooring Equipment Guidelines 3rd Ed;
4. Projektowanie i eksploatacja terminali lng w aspekcie bezpie-

Tab.1. Parametry typowych gazowców LNG typu Q-flex, Terminal LNG w Świnoujściu

Lp.	Parametry	Statek / pojemność ładunkowa		
		Q-Flex 217 000 m3	Q-Flex 216 000 m3	Q-Flex 210 000 m3
1.	Wyporność letnia	150 094 t	149 441 t	164 602 t
2.	Długość całkowita	315,064 m	315,16 m	315 m
3.	Szerokość	50 m	50 m	50 m
4.	Wysokość konstrukcyjna	27 m	27 m	27 m
5.	Zanurzenie załadowany do letniej wodnicy ładunkowej	12,5 m	12,524 m	12,5 m
6.	Zanurzenie balastowe	9,6 m	9,65 m	9,4 m
7.	Wolna burta dla letniej wodnicy	14,8 m	14,8 m	14,8 m
8.	Wolna burta dla wodnicy balastowej	17,4 m	17,35 m	17,6 m

Źródło: [materiały Qatargas – pismo PGNiG z dn. 01.02.2011r.]

czeństwa nawigacji, praca pod redakcją prof. dr hab. inż. kpt.ż.w. Stanisława Gucmy, AM Szczecin 2009;

5. „Zarządzanie bezpieczną eksploatacją terminali LNG” Adamkiewicz, W. Kamiński Management Systems in Production Engineering No 3(7), 2012;
6. www.lngworldnews.com;
7. www.qatargas.com.

RISK MANAGEMENT OF LNG VESSELS THROUGH THE MOORING EQUIPMENT SELECTION FOR EXAMPLE LNG TERMINAL IN ŚWINOUJŚCIE.

Abstract

In this paper there is presented typical layout and construction of LNG terminal and especially LNG jetty. They have been characterized technical parameters of the potential units transporting liquefied natural gas. Furthermore, in this article there are verified parameters of mooring equipment for loading/unloading berth of LNG terminal in Świnoujście based on SIGTTO and OCIMF guidelines. It is analyzed a group of external factors that affect the safety of operations mooring at the jetty.

Autorzy:

mgr. inż. st. of. pokł. **Monika Hapanionek**, Akademia Morska w Szczecinie, Instytut Nawigacji Morskiej;

mgr. inż. of. wacht. **Karolina Pilip**, Akademia Morska w Szczecinie, Instytut Nawigacji Morskiej;

inż. of. wacht. **Joanna Orymowska**, Akademia Morska w Szczecinie, Instytut Nawigacji Morskiej.