

Wiesław GALOR¹
Andrzej KRYŻAN²

MOCOWANIE ŁADUNKÓW PONADNORMATYWNYCH (LPN) W TRANSPORCIE MORSKIM

Ładunki ponadnormatywne w transporcie morskim mogą osiągać wymiary nawet kilkudziesięciu metrów i wagę do kilkuset ton i więcej. Na ładunki oddziaływają siły będące efektem przyspieszeń wynikających z ruchu statku, szczególnie podczas występowania falowania. W referacie przedstawiono problemy mocowania ładunków na statkach w aspekcie ich bezpiecznego przewozu bez ryzyka wypadku dla statku i załogi.

THE SECURING OF OVERSIZE CARGO IN MARINE TRANSPORT

The oversize in marine transport cargo can achieve dimension some tens meters and weight for some hundreds tonnes and more. The forces, as effect of acceleration being the result of ships movement, affect on cargoes, especially during wavves occurring. The paper present the problems of cargo securing in aspect of safe transportation without accident risk for ship and crew.

1. WSTĘP

Ładunki ponadgabarytowe (inaczej: nienormatywne, ponadnormatywne, ponadmetryczne, ponadgabarytowe), to ładunki, których przemieszczanie wymaga użycia specjalnych środków transportu i urządzeń przeładunkowych o udźwigu odpowiadającym ciężarowi ładunku [1]. Transport ładunków ponadgabarytowych ma duży wpływ na rozwój gospodarczy w każdym kraju oraz współpracy międzynarodowej. W każdej gałęzi transportu mianem ładunków ponadnormatywnych określa się ładunki o innych parametrach. Związane jest to z istniejącymi ograniczeniami w zakresie konstrukcji środków transportu oraz istniejącej infrastruktury. Można powiedzieć, że we wszystkich przypadkach determinantami „ponadnormatywności” są wymiary lub ciężar ładunku, a także dostępna przestrzeń ładunkowa w środku transportu i nacisk na jednostkę powierzchni. Dodatkowym elementem jest kształt ładunku, gdyż jego geometria może zakłócić stateczność statyczną i dynamiczną. Aby ją zachować należy dokonać odpowiednich obliczeń, właściwie zamocować ładunek, a także zastosować konstrukcje wzmacniające, jeżeli zachodzi taka potrzeba.

¹Akademia Morska w Szczecinie, Wydział Nawigacyjny, tel. 091 4809 514, e-mail: w.galor@am.szczecin.pl

²Stowarzyszenie Ekspertów Morskich, Szczecin, tel.: +40 91 4891 514, e-mail: shipadvice@wp.pl

W transporcie drogowym o ładunku ponadnormatywnym mówi się wtedy, gdy jego wymiary lub waga przekroczą maksymalne, dopuszczalne parametry standardowego zestawu drogowego lub zestawu z przyczepą, a także dopuszczalne naciski na oś tego pojazdu [3].

W transporcie kolejowym ładunkiem ponadnormatywnym jest przesyłka, której nie można przewieźć bez naruszenia skrajni ładunkowej wagonów lub/i przekroczenia dopuszczalnego nacisku na oś wagonu lub metr bieżący szyny.

W transporcie lotniczym przyjmuje się, że jeżeli ładunek nie mieści się do samolotu rejsowego (kontenera lotniczego lub na lotniczej palecie konsolidacyjnej) i z tego względu wymaga wyczarterowania innego samolotu, to jest to ładunek ponadnormatywny.

W żegludze śródlądowej ładunkiem ponadnormatywnym jest ładunek, który wystaje poza obrys statku na długość lub szerokość, albo przekracza dopuszczalną wysokość do najwyższej nierozbieralnej części statku w stosunku do parametrów drogi wodnej (prześwity pionowe mostów, wrota śluz, itp.) i w rezultacie tego sternik ma ograniczoną widoczność.

W transporcie morskim ładunkami ponadnormatywnymi są również ładunki, których wymiary wynoszą kilkadziesiąt metrów, a waga wynosi kilkaset. W niektórych przypadkach mogą to być ładunki o jeszcze większych wymiarach i przewozi się je specjalnie do tego celu skonstruowanymi statkami. Przykładem takiego ładunku jest platforma wiertnicza, dźwignice, statki, jachty, turbiny, itp. [3].

Można powiedzieć, że we wszystkich tych przypadkach determinantem ładunku ponadnormatywnego są:

- wymiary ładunku,
- ciężar ładunku,
- dostępna przestrzeń ładunkowa na pojeździe,
- dopuszczalne naciski i naprężenie na powierzchnię ładunkową.

Aby poprawić jakość w obsłudze ładunków ponadnormatywnych w Regionie Morza Bałtyckiego (RMB) aktualnie realizowany jest projekt Oversize Baltic, który rozpoczął się w lipcu 2009 roku, a zakończy się w czerwcu 2011 roku. Liderem projektu jest Kłajpejdzki Park Naukowo- Technologiczny. W programie udział bierze również dziewięciu partnerów z Polski, Niemiec, Litwy i Szwecji, w tym Akademia Morska w Szczecinie [4].

2. ŁADUNKI PONADNORMATYWNE W TRANSPORCIE MORSKIM

W transporcie morskim ładunek ponadnormatywny jest definiowany jako jednostkę ładunku drobnicowego (czyli „policzalnego” a nie sypkiego), który przekracza standardowe parametry przyjęte dla drobnicowych jednostek ładunkowych. Oznacza to, że ładunek taki może ważyć setki a nawet tysiące ton zaś jego wymiary mogą być liczone w dziesiątkach a nawet setkach metrów. Opisywane często jako „sztuki ciężkie” (heavy lifts). Ich rozmiary przekraczają dziesiątki, sięgając setek metrów, ciężary to setki a nawet tysiące ton. Niektóre ładunki ponadnormatywne o szczególnie dużych parametrach są przewożone na specjalnie w tym celu budowanych statkach. Przykładem takiego statku jest Statek Dokowy (Semi Submersible ship (SEMI).Pływająca samodzielnie lub na barce jednostka ładunku ponadnormatywnego jest umieszczona na zatopionym pokładzie statku dokowego. Po wypompowaniu balastów statek ów wynurzy się, zaś pływający ładunek ponadnormatywny

osiądzie na suchym, wynurzonym pokładzie. Taki system dokowania ładunków określany jest niekiedy Flo-Flo (float In-float out). Oprócz statków dokowych SEMI, do przewozu ładunków ponadnormatywnych używamy pół-zatapiających pontonów, pontonów standardowych i barek a nawet statków klasycznych. Ładunki ponadnormatywne mogą być ładowane przy pomocy ciężkiego dźwigu (pływającego lub lądowego) o udźwigu od 100 ton do 2000 ton a nawet więcej. Taki system załadunku pionowego jest często określany Lo-Lo (load on-load off). Często kształt jednostki ponadnormatywnej przekracza wymiary jednostki transportowej, co musi być brane pod uwagę w wąskich przejściach. Rys. 1 przedstawia przykład transportu na barkach podstaw o wadze 1600 ton do farmy elektrowni wiatrowej w rejonie RODSAND (Dania) [2]. Podstawy te były produkowane w porcie Świnoujście w Basenie Atlantyckim. Interesującym może być fakt, iż przygotowanie betonowych podstaw odbywało się bezpośrednio na barkach zacumowanych do nabrzeża. Po zakończeniu cyklu produkcyjnego nastąpił proces transportu barek na miejsce posadowienia na dnie morskim. Do ich przeniesienia z barki na dno zastosowano dźwig pływający o odpowiedniej nośności.

Przemieszczanie ładunków związane jest w sposób oczywisty z ich ruchem, ten zaś w sposób naturalny wywołuje przyspieszenia. Na towary w transporcie oddziałują siły będące efektem tych przyspieszeń. Siły te będą dążyły do przesunięcia ładunku względem miejsca zamocowania, do zmiany jego naturalnej geometrii, wreszcie w wypadkach skrajnych do jego zniszczenia fizycznego wskutek upadku, wywrócenia powodując zagrożenie zarówno dla środka transportu jak i ludzi. Mocowanie ładunków ponadnormatywnych na środkach transportu wynika z konieczności ich unieruchomienia



Rys. 1. Transport podstaw pod morskie elektrownie wiatrowe.

względem środka transportu w sposób taki, aby w nie zmienionej formie (kształcie, wymiarach, geometrii), czyli nie zniszczone, dotarły do miejsca przeznaczenia, nie powodując jednocześnie zagrożeń zarówno dla środka transportu jak i dla ludzi. Wszelkie możliwe przyspieszenia występujące w trakcie przewozu, powinny być skompensowane odpowiednimi zabezpieczeniami w postaci urządzeń mocujących w różnej postaci w

zależności od uszczegółowionej technologii przewozu. Zasady mocowania ładunków ponadnormatywnych na środkach transportu wodnego zdefiniowane są w Rezolucji IMO (Międzynarodowej Organizacji Morskiej) A.714(17) uchwalonej 6 listopada 1991. Rezolucja ta pod nazwą Kodeksu Bezpiecznego Postępowania Przy Rozmieszczaniu i Mocowaniu Ładunków -Kodeks CSS (Code of Safe Practice for Cargo Stowage and Securing CSS) [5] obowiązuje na wszystkich statkach morskich i dotyczy również ładunków ponadnormatywnych. Kolejne załączniki kodeksu mają bezpośrednie zastosowanie do różnego rodzaju ładunków. W zastosowaniu do ŁPN najważniejszy jest Załącznik 13- „Metody oszacowania skuteczności osprzętu mocującego stosowanego do mocowania ładunków niestandardowych”. Załącznik ten rozwija podstawowe tezy kodu umożliwiając właściwe zamocowanie ładunku nietypowego, niestandardowego dla statku nieprzystosowanego, a więc takiego, który podlega definicji ładunku ponadnormatywnego.

Dynamika ruchu statku zredukowana jest w zapisie Kodeksu do działania w trzech osiach: X, Y, Z – w osi wzdłużnej, poprzecznej i pionowej. Z punktu mocowania ładunku siły wzdłużne i poprzeczne uważa się za dominujące. O wielkości sił poprzecznych decyduje wysokość metacentryczna. Jest to odległość między środkiem ciężkości statku i punktem wokół którego kołysze się na fali. Gdy jest zbyt duża (środek ciężkości zbyt nisko) powoduje zbyt szybkie kołysanie, a co za tym idzie występowanie zbyt dużych przyspieszeń. Kodeks zaleca takie rozmieszczenie ładunku, aby była większa niż minimalna, w określonej górnej granicy, nie powodując zbyt wielkich przyspieszeń. Siły poprzeczne i wzdłużne rosną z wysokością ładunku i odległością od osi obrotu statku, zaś największe są na dziobie i rufie. W zależności od miejsca złożenia ładunku Kodeks określa przyspieszenia, jakie powinny być uwzględniane przy obliczeniach. Siły poprzeczne i wzdłużne rosną z wysokością ładunku i odległością od osi obrotu statku, zaś największe są na dziobie i rufie. W zależności od miejsca złożenia ładunku określone zostały przyspieszenia, jakie powinny być uwzględniane przy obliczeniach (tabela 1).

Tabela 1. Dane podstawowych przyspieszeń

Przyspieszenie poprzeczne a_y , w m/s^2	Przyspieszenie wzdłużne a_x , w m/s^2
na pokładzie, wysoko	3,8
na pokładzie, nisko	2,9
międzypokład	2,0
dno ładowni	1,5
Pionowe przyspieszenie a_z , w m/s^2 7,6 6,2 5,0 4,3 4,3 5,0 6,2 7,6 9,2	

Dane te odnoszą się do pływania w rejonie nieograniczonym.

3. WARUNKI MOCOWANIA ŁADUNKÓW PONADNORMATYWNYCH

Dla ograniczonego rejonu pływania można rozważyć zmniejszenie wartości przyspieszeń uwzględniając porę roku i czas trwania podróży poprzez odpowiednie współczynniki korekcyjne. Siły poprzeczne, wzdłużne i pionowe można obliczyć według poniżej przedstawionych wzorów.

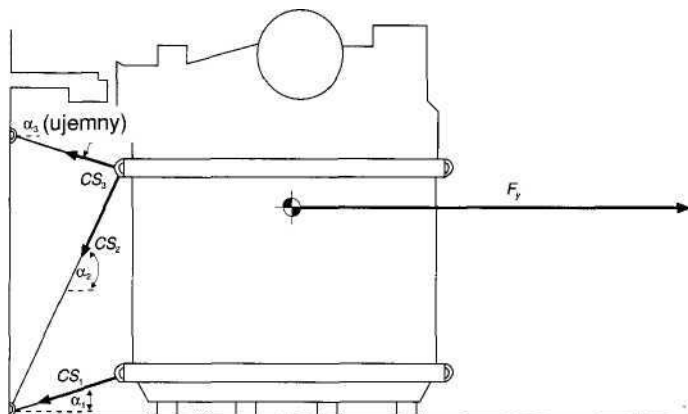
3.1. Poprzeczne przesunięcie ładunku

Równanie równowagi powinno spełniać następujący warunek (rys.2):

$$F_v \leq \mu m g + CS_1 f_1 + CS_2 f_2 + \dots + CS_n f_n \quad (1)$$

gdzie:

- n- liczba zastosowanych odciągów,
- F_v - siła poprzeczna działająca na ładunek [kN],
- μ - współczynnik tarcia,
- ($\mu = 0,3$ dla zestawu stal-drewno lub stal-guma),
- ($\mu = 0,1$ dla zestawu stal-stal, suche),
- ($\mu = 0,0$ dla zestawu stal-stal, mokre),
- m- masa jednostki ładunkowej [t],
- g- przyspieszenie ziemskie $9,81 [m/s^2]$,
- CS- obliczeniowa wytrzymałość urządzeń mocujących rozmieszczonych w kierunku poprzecznym [kN],
- f- funkcja μ i kąta nachylenia odciągów a.



Rys. 2. Równowaga sił poprzecznych

Kąt nachylenia odciągu a w stosunku do pionu większy niż 60° zmniejsza jego efektywność działania przy przesunięciu się jednostki ładunku. W takim przypadku należy rozważyć możliwość pominięcia tego odciągu w równaniu równowagi sił poprzecznych, chyba że odpowiednia wielkość składowej pionowej siły w odciągu jest konieczna do utrzymania w równowadze ładunku zagrożonego przewróceniem się, lub osiągnięcia odpowiedniego naprężenia wstępnego urządzenia mocującego i utrzymania tego naprężenia przez całą podróż.

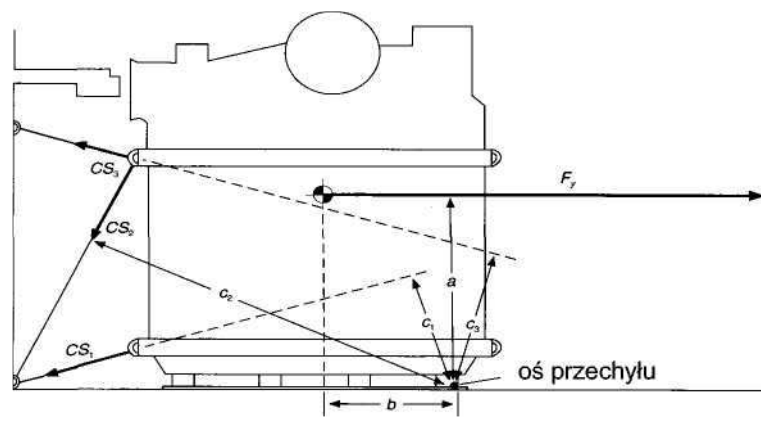
3.2. Przewracanie ładunku w kierunku poprzecznym

Równanie równowagi powinno spełniać następujący warunek (rys.3):

$$F_v a \leq b m g + CS_1 c_2 + CS_2 c_2 + \dots + CS_n c_n \quad (2)$$

gdzie:

- F_v , m , g , CS , n - jak w (1),
- a - ramię siły przewracającej [m],
- b - ramię siły utrzymującej stabilność układu [m],
- c - ramię siły w urządzeniu mocującym [m].



Rys. 3. Równowaga momentów w kierunku poprzecznym

3.3. Wzdłużne przesunięcie ładunku

W normalnych warunkach urządzenia mocujące rozmieszczone w kierunku poprzecznym zapewniają odpowiedniej wielkości wzdłużne składowe siły przeciwdziałające wzdłużnemu przesunięciu ładunku. W razie wątpliwości należy przeprowadzić obliczenia równowagi sił, sprawdzając czy spełniony jest następujący warunek:

$$F_x \leq \mu (m g - F_z) + CS_1 f_1 + CS_2 f_2 + \dots + CS_n f_n \quad (3)$$

gdzie:

- F_x - siła wzdłużna działająca na ładunek [kN],
- μ, m, g, f, n, CS - jak podano w (1),
- F_z - siła pionowa działająca na ładunek [kN],

4. URZĄDZENIA MOCUJĄCE ORAZ METODY OBLICZEŃ WSKAŹNIKÓW BEZPIECZEŃSTWA

Na wstępie należy zdefiniować pewne podstawowe pojęcia stosowane przy mocowaniu ładunków. Maksymalne obciążenie zamocowania MSL (maximum securing load) określa zdolność danego urządzenia mocującego do bezpiecznego przenoszenia sił na niego oddziaływujących bez ryzyka uszkodzenia. Termin ten odpowiada pojęciu terminowi DOR-dopuszczalne obciążenie robocze, (ang. SWL-safe working load) dla olinowania ruchomego urządzeń przeładunkowych. Do mocowania ładunków stosuje się następujące rodzaje osprzętu:

- szakle, zaczepy pierścieniowe, zaczepy pokładowe, ściągacze ze stali miękkiej,
- liny włókienne,
- pasy z tworzyw sztucznych,
- liny stalowe jednorazowego i wielokrotnego użytku,
- taśmy stalowe,
- łańcuchy.

Przy mocowaniu ŁPN do mocowania ładunków należy używać elementów posiadających odpowiednie certyfikaty. Poza przedstawionymi w tabeli rodzajami osprzętu mocującego spotykamy inne urządzenia mocujące lub wspomagające mocowanie ładunków ŁPN :

- drewno sztauerskie,
- materiały przeciślizgowe,
- elementy spawane i skręcane.

Drewno sztauerskie spełnia wieloraką rolę w mocowaniu ładunków. Przy jego pomocy buduje się odpowiednie konstrukcje zabezpieczające. Ponadto służy jako przekładki, zwiększając siłę tarcia której wielkość w znacznym stopniu wpływa na realizację zabezpieczeń. Dotyczy to również różnego typu materiałów przeciślizgowych. Na szczególną uwagę jako elementy mocujące zasługują elementy spawane i skręcane. Wykonywane są często przez producenta, zaś ich użycie wymaga procedur obliczeniowych i deklaracji definiujących szczególne właściwości wytrzymałościowe. Rys. 4. Przedstawia przykład mocowania ŁPN.



Rys. 5. Mocowanie podstawy konstrukcji (ŁPN) przy pomocy kotew spawanych.

5. WNIOSKI

1. Zgodnie z zaleceniami Kodeks Bezpiecznego Postępowania Przy Rozmieszczaniu i Mocowaniu Ładunków, dla każdego statku towarowego powinien być opracowany „Poradnik mocowania ładunków”.
2. W zastosowaniu do ładunków ponadnormatywnych należy stosować wytyczne załącznika dot. „Metod oszacowania skuteczności osprzętu mocującego. Każdy ładunek ŁPN wymaga indywidualnego opracowania systemu mocowania i obliczeń wytrzymałościowych
3. Szczególnie ważne jest ustalenie położenia środka ciężkości, rozłożenia ciężaru, nacisków jednostkowych i uwzględnienie ich w obliczeniach.
4. Załadunek i mocowanie ŁPN powinno odbywać się pod nadzorem eksperta i powinno być poświadczane odpowiednim certyfikatem.
5. Urządzenia do mocowania: liny, pasy, ściągacze, szakle itp. powinny być wyposażone w świadectwa zgodności określające ich obciążenia zrywające i robocze.

6. Elementy spawane powinny być wykonane przez wykwalifikowanych spawaczy, zaś ich kwalifikacje poświadczone świadectwami kwalifikacyjnymi.

6. BIBLIOGRAFIA

- [1] Galor A., Galor W., *Transport ładunków ponadgabarytowych*, Logistyka nr 6/2009, Radom 2009.
- [2] Galor W., Galor A., (2010), *Transport ładunków ponad-gabarytowych- wybrane zagadnienia*. Drogi -lądowe, powietrzne, wodne, nr 1/2010 (21).
- [3] Galor W., Galor A., *Problematyka krajowego transportu ładunków ponadnormatywnych w aspekcie przewozów w regionie południowego Bałtyku*, Logistyka nr 2/2010.
- [3] Materiały informacyjne programu „Oversize Baltic”, www.transportoversize.eu
- [4] *South Baltic Cross-Border Co-operation Programme, 2007-2013, Project Oversize Baltic*, Gdańsk 2009.
- [5] *Kodeks Bezpiecznego Postępowania Przy Rozmieszczaniu i Mocowaniu Ładunków*, Rezolucja IMO (Międzynarodowej Organizacji Morskiej) A.714(17) z dn. 6 listopada 1991.