

AUGUSTYN KRZYSZTOF LORENC*

REGULACJE PRAWNE DOTYCZĄCE ZABEZPIECZENIA POJAZDÓW SZYNOWYCH W POLSKICH PRZEPRAWACH PROMOWYCH

SECURITY REGULATIONS FOR RAILWAY VEHICLES ON POLISH FERRIES

Streszczenie

W niniejszym artykule przedstawiono zestawienie obowiązujących przepisów dotyczących zabezpieczenia pojazdów szynowych w czasie przepraw promowych pomiędzy Polską a Szwecją. Obecnie nie ma ujednoliconych przepisów warunkujących tego typu przewozy, są one jednak regulowane przez wiele dokumentów, przy czym najbardziej kompletne wytyczne można znaleźć w CSS CODE opublikowanym przez IMO (International Maritime Organization). Obecnie trwają także prace nad ujednoliceniem przepisów „Guidelines for Packing of Cargo Transport Units (CTUs)” przez IMO, ILO, UNECE, których aktualna wersja weszła w życie w 1997 roku. Przepisy określają wymagania co do składowania i oprzyrządowania zabezpieczającego ładunek, a dokładniej odnoszą się do wartości sił powstających od przyśpieszeń, przechyłów statku i masy ładunku oraz jego mocowania. Przestrzeganie tych przepisów i zaleceń pozwala na bezpieczny transport ładunków z wykorzystaniem przepraw promowych.

Słowa kluczowe: przeprawy promowe, zabezpieczenie ładunku na promach, promowy przewóz wagonów, regulacje prawne

Abstract

In this paper is present a summary of existing security legislation to ferry rail vehicles during between the Polish and Sweden. There are currently no clear rules determining this type of transportation, however, they are regulated by a number of documents with the most complete rules can be found in CSS CODE published by IMO (International Maritime Organization). Work is currently underway to harmonize the rules „Guidelines for Packing of Cargo Transport Units (CTUs)” by IMO, ILO, UNECE, they the current version was implemented in 1997.

Regulations specify requirements for storage and cargo security equipment, and more specifically refers to the forces resulting from acceleration, ships tilts and weight of the load and its securing. Observance of these rules and recommendations allows for safe transport of cargo with the use of ferries.

Keywords: ferries, cargo security on ferries, ferry transport wagons regulations

* Mgr inż. Augustyn Krzysztof Lorenc, Instytut Pojazdów Szynowych, Wydział Mechaniczny, Politechnika Krakowska.

1. Wstęp

Kolejowe przeprawy promowe są alternatywnym do przewozów kontenerowych sposobem przewożenia ładunków. Zarówno transport kontenerowy, jak i kolejowe przeprawy promowe pozwalają na przewóz bez konieczności zmiany rodzaju nośnika, na/w którym znajduje się towar począwszy od chwili jego załadowania, aż do wyładowania. Mimo że transport kontenerowy daje większe możliwości ze względu na możliwość integracji z transportem drogowym oraz dostarczanie ładunków w relacji *door-to-door*, to nie pozwala na przewóz ładunków wielkogabarytowych. Jest to natomiast możliwe dzięki wykorzystaniu wagonów kolejowych. Zabezpieczenie ładunków w obu przypadkach może odbywać się w podobny sposób, ponieważ istnieją zarówno kontenery, jak i wagony o zbliżonych parametrach, np. chłodnie, do przewozu cieczy i gazu, do przewozu materiałów sypkich oraz o konstrukcji zamkniętej i otwartej.

Polska uczestniczy w kolejowych bałtyckich przeprawach promowych umożliwiających przewóz towarów tylko i wyłącznie do Szwecji. Na terenie kraju znajdują się trzy porty morskie oferujące przeprawy promowe: Świnoujście, Gdynia oraz Gdańsk. Wszystkie umożliwiają przeprawy ludzi oraz samochodów jednak kolejowe przeprawy promowe są realizowane tylko z portu w Świnoujściu. Są one wykonywane w relacjach:

- Świnoujście (Polska)–Ystad (Szwecja),
- Świnoujście (Polska)–Trelleborg (Szwecja).

Wskazane połączenia zostały zaprezentowane na rys. 1.



Rys. 1. Kolejowe przeprawy promowe w Polsce

Fig. 1. Railway ferries in Poland

Kolejowe przeprawy promowe pomiędzy Polską a Szwecją są obsługiwane przez cztery statki:

- **Jan Śniadecki** – prom przeznaczony do transportu wagonów kolejowych oraz samochodów ciężarowych. Dwa pokłady o łącznej długości użytecznej linii torów kolejowych równej 600 metrów pozwalają pomieścić około 30 wagonów oraz w zależności od liczby wagonów od 25 do 60 zestawów drogowych;
- **Kopernik** – prom przeznaczony jest do przewozu wagonów kolejowych i posiada 600 metrów efektywnej linii torów kolejowych oraz pozwala na przewóz do 60 samochodów ciężarowych na dwóch pokładach ładunkowych;
- **Polonia** – prom Polonia może pomieścić na pokładzie do 1000 osób, 150 samochodów osobowych oraz do 120 samochodów ciężarowych lub opcjonalnie wagony kolejowe na torach o łącznej długości 600 metrów;

- **Wolin** – najdłuższy prom pływający na trasie Świnoujście–Trelleborg. Posiada dwa pokłady ładunkowe i może jednorazowo przewieźć do 90 zestawów drogowych oraz 50 samochodów osobowych. Jeden z pokładów przystosowany jest także do przewozu wagonów kolejowych i posiada 715 metrów bieżących torów kolejowych.

Zestawienie promów kolejowych kursujących pomiędzy Polską a Szwecją zostało zaprezentowane w tabeli 1.

Tabela 1

Promy do przewozu wagonów kolejowych kursujące na morzu bałtyckim [7]

Nazwa statku	Jan Śniadecki	Kopernik	Polonia	Wolin
Port macierzysty, kraj bandery	Limassol, Cypr	Szczecin, Polska	Nassau, Bahama	Nassau, Bahama
Znak rozpoznawczy	P3TXG	SPS 2643	C6NC7	C6WN4
Długość	155,1 m	160,07 m	169,9 m	188,9 m
Szerokość	21,6 m	21,60 m	28 m	23,1 m
Prędkość max	19 węzłów	18 węzłów	20,2 węzła	18 węzłów
Wielkość GT	14 417	14 221	29 875	22 874
Miejsc pasażerskich	57	360	918	370
Długość linii kolejowych ładunkowych	590,5 m (pokład główny)	600 m (pokład główny)	604 m (pokład główny)	715 m (pokład główny)
Linia	Świnoujście–Ystad	Świnoujście–Ystad	Świnoujście–Ystad	Świnoujście–Trelleborg

2. Warunki przewozu wagonów i lokomotyw w relacjach Polska–Szwecja

Warunki dla wagonów przewożonych promami na linii Świnoujście–Ystad, dla [7]:

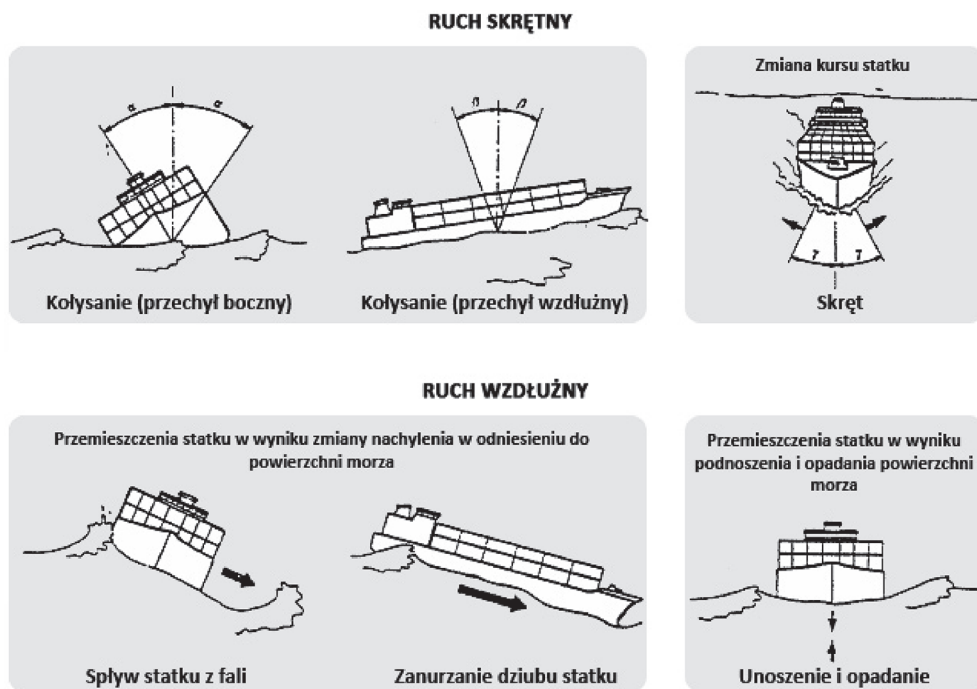
- wagonów dwuosioowych: bez ograniczeń;
- wagonów trzyosioowych: wagony trzyosiowe mogą być przewożone jedynie przy korzystnym stanie wód. Muszą one mieć możliwość pokonywania łuków torów na promach;
- wagony na wózkach przystosowane do transportu promami bez ograniczeń: wagony na wózkach dwu- lub trzyosioowych są dopuszczone do przewozu bez ograniczeń, jeżeli mogą one jednocześnie pokonywać największy kąt pochylenia mostków przejściowych i łuki torów na promach;
- pozostałe wagony na wózkach i ładunki załadowane na więcej niż jednym wagonie lub ładunki z użyciem wagonu ochronnego: wagony na wózkach dwu- lub trzyosioowych, które nie odpowiadają wyżej wymienionym warunkom, wagony na wózkach więcej niż trzyosioowych, jak również przesyłki załadowane na więcej niż jednym wagonie (przesyłki na wagonach trwale sprzęgniętych lub przy użyciu wagonów ochronnych) mogą być przekazywane wyłącznie na podstawie uprzednio zawartego porozumienia i przy korzystnym stanie wód.

3. Wpływ warunków pogodowych oraz oddziaływanie fal na statek

Transport morski jest wykonywany w różnorodnych warunkach pogodowych, które mogą powodować powstawanie złożonych sił oddziaływujących przez długi okres czasu na statek oraz znajdujące się na nim ładunki. Na statek zawsze oddziałują siły liniowe oraz siły skrętne, przy czym siły skrętne stanowią większe zagrożenie dla przewożonych ładunków. Siły mogą powstawać w wyniku:

- zanurzania się dziobu statku,
- przechyłu bocznego i wzdłużnego,
- unoszenia się i opadania pod wpływem oddziaływania fal,
- skrętu statku,
- kołysania i spływu statku z fali.

Ponadto wymienione siły mogą się wzajemnie łączyć jako dwie lub więcej składowych. Zachowanie się statku pod wpływem oddziaływania fal zaprezentowano na rys. 2 [3].



Rys. 2. Zachowanie się statku pod wpływem oddziaływania fal

Fig. 2. The behavior of a vessel under the influence of waves

4. Regulacje dotyczące składowania i zabezpieczenia przewozu wagonów

Zabezpieczenie ładunków w przewozach morskich jest znacznie bardziej złożone niż zabezpieczenie ładunków w transporcie drogowym z uwagi na większe ryzyko przemieszczania się ładunku spowodowane oddziaływaniem morza na statek. Sposoby odpowiedniego zabezpieczenia ładunków są regulowane przez międzynarodowe dokumenty oraz konwencje:

- Code of Safe Practice for Cargo Stowage and Securing (CSS CODE 2011), International Maritime Organization,
- IMO/ILO/UNECE Guidelines for Packing of Cargo Transport Units (CTUs),
- Międzynarodowa konwencja o bezpieczeństwie życia na morzu, 1974 SOLAS,
- AVV – General Agreement on Use of Wagons.

Ponadto każdy statek może posiadać własny dokument określający zasady składowania i zabezpieczenia transportowanych ładunków, tzw. Cargo Securing Manual, który jest opracowywany w większości zgodnie z wytycznymi IMO – Code of Safe Practice for Cargo Stowage and Securing [2]. W Cargo Securing Manual znajdują się między innymi informacje na temat statku i ładowni oraz możliwościach składowania i zasadach zabezpieczenia ładunku. Można w nim znaleźć takie dane, jak:

- informacje podstawowe i szczegółowe na temat statku,
- wyjaśnienia pojęć i terminów,
- dokładne wymiary wszystkich ładowni,
- nośność pokładów,
- informacje o możliwościach występowania sił oddziaływujących na ładunki,
- współczynniki bezpieczeństwa,
- informacje o dopuszczalnych przyśpieszeniach ładunku dla danego miejsca składowania,
- sposoby obliczenia minimalnej wytrzymałości oprzyrządowania zabezpieczającego ładunków,
- możliwości mocowania ładunku oraz jego zabezpieczenia,
- sposoby składowania ładunków niestandardowych oraz niebezpiecznych.

5. Podstawowe założenia dotyczące zabezpieczenia ładunków na statkach

Załadunek oraz zabezpieczanie przewożonych towarów powinno być odpowiednio przeprowadzone z uwzględnieniem wszystkich właściwości danego ładunku. Nigdy nie należy zakładać, że podczas kursu pogoda będzie dobra, a morze spokojne, ponieważ przy długich trasach i długim czasie przewozu warunki pogodowe (temperatura, wilgotność, itd.) mogą ulec zmianie i znacznie odbiegać od panujących w chwili wypłynięcia z portu. Warunki pogodowe mogą mieć wpływ na warunki wewnętrzne jednostki ładunkowej, które mogą być przyczyną skraplania się wody na powierzchni ładunku (pocenie się) lub powierzchniach wewnętrznych jednostki ładunkowej. Należy także zwrócić uwagę na fakt, że metody zabezpieczeń stosowane w transporcie lądowym nie zawsze będą odpowiednie dla transportu morskigo.

W przewozach morskich, tak samo jak w transporcie kolejowym, mogą występować wstrząsy i wibracje ładunku, istotne jest zatem zabezpieczenie ładunków znajdujących się na transportowanych wagonach. W tabeli 2 przedstawiono wartości maksymalnych przyśpieszeń mogących powstawać w czasie transportu ładunków przy określonym typie przewozu.

Maksymalne dopuszczalne przyspieszenia dla transportu morskiego [3, 5]

Przyspieszenie Strefa morska	Do przodu	Do tyłu	Na boki	Wzdłużne minimalne pionowo w dół	Poprzeczne minimalne pionowo w dół
Morze Bałtyckie	0,3±0,5	0,3±0,5	0,5	0,5	1,0
Morze Północne	0,3±0,7	0,3±0,7	0,7	0,3	1,0
Bez ograniczeń	0,4±0,8	0,4±0,8	0,8	0,2	1,0

Przy planowaniu rozmieszczenia ciężkich ładunków niezbędne jest uzyskanie takiego rozkładu przyspieszeń, aby zapewnić występowanie:

- najmniejszych przyspieszeń w sekcjach śródkręcia oraz pod pokładem,
- największych przyspieszeń w sekcjach śródkręcia oraz na pokładzie.

Ciężkie ładunki powinny być usytuowane przodem ładunku do rufy statku. Masa ładunków powinna być tak rozmieszczona na statku, aby uniknąć nadmiernych naprężeń mogących powstać w strukturze statku. Szczególnie w przypadku ciężkich ładunków składowanych na pokładzie niezbędne jest zastosowanie – adekwatnie do występujących sił – wsporników i belek drewnianych lub stalowych, które pozwolą na przenoszenie sił pochodzących od masy ładunku na strukturę statku. Jest to też szczególnie ważne w przypadku składowania ładunku na miejscach szczególnie podatnych na działanie obciążeń, takich jak np. włazy.

6. Zabezpieczenie pojazdów kołowych na pokładzie statku

Według wytycznych International Maritime Organization zawartych w CSS CODE pojazdy kołowe, takie jak lokomotywy, wagony oraz samochody, ciężarówki i ciągniki, powinny być przewożone tak, aby [2]:

- powierzchnia ładunkowa, na której będzie składowany pojazd była sucha, czysta, wolna od smarów oraz oleju;
- pojazdy kołowe były opatrzone odpowiednimi i wyraźnie oznaczonymi punktami mocowania pojazdu w trakcie transportu lub innymi odpowiednikami o wystarczającej wytrzymałości;
- pojazdy kołowe, które nie posiadają punktów pozwalających na mocowanie pojazdu w trakcie transportu powinny posiadać wyraźne oznaczenia miejsc, które mogą być wykorzystane do przymocowania ładunku;
- pojazdy kołowe, które nie posiadają gumowych kół lub pojazdy nie posiadające własnej podstawy zwiększającej tarcie powinny być zawsze składowane na drewnianych stalunkach lub innych materiałach zwiększających tarcie takie jak miękkie deski, gumowe maty itd.;
- pojazd znajdujący się na docelowym miejscu składowania, jeśli posiada własne hamulce powinien mieć je zaciągnięte;

- pojazdy kołowe były umocowane do statku za pomocą odciągów o dostatecznej wytrzymałości oraz charakteryzujące się zdolnością do rozciągania co najmniej o podobnych parametrach do stalowych łańcuchów i lin;
- jeśli jest to możliwe, pojazdy kołowe, były składowane blisko burty lub tak rozmieszczone, aby zapewnić dostęp do punktów mocujących o odpowiedniej sile lub powinny być zablokowane po bokach powierzchni ładunku, aby zapobiec jego przemieszczeniom;
- zapobiec jakimkolwiek przesunięciom bocznym pojazdów kołowych nieposiadających własnych punktów mocowania. Tam gdzie jest to możliwe powinny być one składowane blisko burty oraz blisko siebie lub powinny być zablokowane przez inne ładunki, takie jak np. kontenery itp.;
- zapobiec przesunięciom pojazdów kołowych, tam gdzie jest to możliwe, powinny być one składowane przodem, a nie bokiem do burty. Jeżeli jest nieuniknione składowanie poprzeczne pojazdów kołowych to może być konieczne zastosowanie dodatkowych mocowań o odpowiednio większej wytrzymałości;
- koła pojazdów były zablokowane, aby zapobiec przesunięciom pojazdu;
- wszystkie ruchome i wystające elementy pojazdów, takie jak dźwigi, wysięgniki i maszty, powinny być odpowiednio zablokowane i zabezpieczone w określonej pozycji.

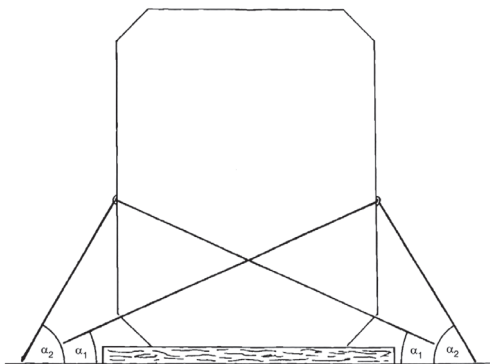
Międzynarodowa konwencja SOLAS określa rozmieszczenie i mocowanie ładunku według następujących zasad [4]:

- ładunki i jednostki ładunkowe przewożone na i pod pokładem powinny być załadowane, rozmieszczane i mocowane w taki sposób, aby zapobiec w trakcie rejsu statku uszkodzeniu lub wywołaniu niebezpieczeństwa dla statku i osób zajmujących się nim, a także utracie ładunku;
- towar przewożony jako jednostka ładunkowa powinien być załadowany i zabezpieczony jako pojedyncza jednostka na czas trwania rejsu w taki sposób, aby zapobiec uszkodzeniu lub wywołaniu niebezpieczeństwa dla statku i osób znajdujących się na nim;
- należy podjąć odpowiednie środki ostrożności podczas załadunku i przewozu ładunków ciężkich o nietypowych wymiarach, by nie nastąpiło uszkodzenie statku oraz aby była zachowana wystarczająca stateczność znajdujących się na pokładzie ładunków w trakcie rejsu;
- należy podjąć odpowiednie środki ostrożności podczas załadunku i przewozu jednostek ładunkowych na pokładach statków ro-ro ze szczególnym zwróceniem uwagi na osprzęt stały, znajdujący się na takich statkach i zaczepy na jednostkach ładunku oraz na wytrzymałość osprzętu stałego i przenośnego.

7. Zabezpieczenie ładunków przeciwko przesunięciom oraz przewróceniu

Oprządkowanie zabezpieczające ładunek powinno być dobrane w taki sposób, aby wytrzymać poprzeczne i wzdłużne siły mogące przyczynić się do przesunięcia lub przewrócenia ładunków.

Optymalny kąt mocowania olinowania z uwagi na przesunięcie to około 25°, natomiast z uwagi na przewrócenie wynosi od 45° do 60° (rys. 3). Jeżeli występuje taka potrzeba, to olinowanie może być zamocowane pod mniejszym kątem, jednak w takim przypadku ładunek musi być dodatkowo zabezpieczony za pomocą drewnianych podpór, połączeń spawanych lub innych metod pozwalających na bezpieczny przewóz ładunków.

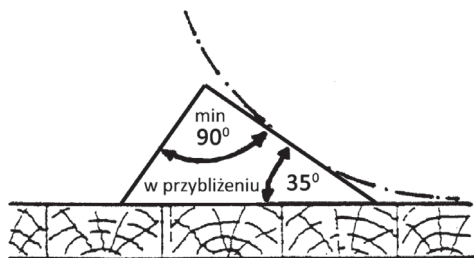


Rys. 3. Kąty mocowania olinowania dla ciężkich ładunków ze względu na przesunięcia (α_1) oraz przewrócenia (α_2) [2]

Fig. 3. Lashing angles for heavy loads due to the offset and tipping (α_2)

Należy zwrócić szczególną uwagę uchwytów, zacisków oraz na ciasne wiązania pasów mocujących, które mogą spowodować przetarcie się mocowania. Wszystkie zabezpieczenia powinny być należycie sprawdzone. Tam, gdzie jest to konieczne, zastosowane rozwiązania zabezpieczenia ładunków powinny być zweryfikowane na podstawie odpowiednich przeliczeń (zgodnie z aneksem 13 do CSS CODE).

Nie można zakładać, że ładunki o dużej masie nie będą się przemieszczały podczas transportu. Ładunek oraz każdy jego element powinien być zabezpieczony w taki sposób, aby uniemożliwić mu samoczynne przemieszczenie się. Jest to szczególnie ważne zwłaszcza jeśli chodzi o ładunki walcowe oraz ładunki poruszające się na własnych kołach. Powinny być zabezpieczone odpowiednimi klinami (rys. 4).



Rys. 4. Blokowanie toczących się ładunków za pomocą klinów [3]

Fig. 4. Securing of rolling cargo with wedges

Przy operacjach zabezpieczania ładunków wykorzystywane są następujące pojęcia:

- **BL** (*Breaking Load*) – siła zrywająca – jest to nominalna (zakładana) siła, przy której dany element lub zestaw elementów ulegnie zerwaniu,
- **MSL** (*Maximum Securing Load*) – największa dopuszczalna siła, jaką można obciążyć dany element,
- **CS** (*Calculation Strength*) – dopuszczalne obciążenie robocze.

Dopuszczalne obciążenie robocze jest obliczane z następującego wzoru [2]:

$$CS = \frac{MSL}{\text{współczynnik bezpieczeństwa}} \quad (1)$$

gdzie:

współczynnik bezpieczeństwa: 1,5

Pomimo wprowadzenia współczynnika bezpieczeństwa, zawsze należy zachować ostrożność przy stosowaniu elementów zabezpieczających i dobrać je tak, aby były wykonane z tego samego materiału i były tej samej długości, dzięki czemu będzie zapewniona jednakość elastyczność wszystkich elementów w ramach całego układu.

8. Złożone metody obliczeń sił

Zewnętrzne siły oddziaływujące na ładunek w kierunku wzdłużnym, poprzecznym oraz pionowym powinny być obliczone na podstawie wzoru [2]:

$$F_{(x,y,z)} = m \cdot a_{(x,y,z)} + F_{w(x,y)} + F_{s(x,y)} \quad (2)$$

gdzie:

- $F_{(x,y,z)}$ – siły wzdłużne, poprzeczne oraz pionowe,
- m – masa jednostki ładunkowej,
- $a_{(x,y,z)}$ – przyspieszenia wzdłużne, poprzeczne oraz pionowe,
- $F_{w(x,y)}$ – siły wzdłużne oraz poprzeczne wywołane przez ciśnienie wiatru,
- $F_{s(x,y)}$ – siły wzdłużne oraz poprzeczne wywołane przez fale morskie.

Podstawowe wartości dopuszczalnych przyspieszeń zostały zaprezentowane w tabeli 3.

Tabela 3

Podstawowe wartości dopuszczalnych przyspieszeń [2]

	Przyspieszenia poprzeczne a_y w m/s^2	Przyspieszenia wzdłużne a_x w m/s^2
Odkryty pokład, wysoki	7.1 6.9 6.8 6.7 6.7 6.8 6.9 7.1 7.4	3.8
Odkryty pokład, niski	6.5 6.3 6.1 6.1 6.1 6.1 6.3 6.5 6.7	2.9
Międzypokład	5.9 5.6 5.5 5.4 5.4 5.5 5.6 5.9 6.2	2.0
Niższa składownia	5.5 5.3 5.1 5.0 5.0 5.1 5.3 5.5 5.9	1.5
	0 0.1 0.2 0.3 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8 0.9 L	
	Przyspieszenia pionowe a_z w m/s^2	
	7.6 6.2 5.0 4.3 4.3 5.0 6.2 7.6 9.2	

W przyspieszeniach poprzecznych (tabela 3) została uwzględniona grawitacja oraz siły równoległe do pokładu pochodzące od falowania statku.

Podstawowe wartości przyspieszeń powinny być traktowane jako poprawne przy następujących założeniach:

- pracy na nieograniczonym obszarze,
- pracy przez cały rok,

- długości rejsu 25 dni,
- długości statku 100 m,
- prędkości eksploatacyjnej 15 węzłów,
- $B/GM \geq 13$ (B – szerokość statku, GM – wysokość metacentryczna).

Dla statków o długości innej niż 100m i prędkości eksploatacyjnej innej niż 15 węzłów wartości przyśpieszeń powinny być skorygowane o współczynnik znajdujące się w tabeli 4.

Tabela 4

Współczynniki korekty przyśpieszeń dla długości i prędkości statku [2]

Długość (m) \ Prędkość (kn)	50	60	70	80	90	100	120	140	160	180	200
9	1,20	1,09	1,00	0,92	0,85	0,79	0,70	0,63	0,57	0,53	0,49
12	1,34	1,22	1,12	1,03	0,96	0,90	0,79	0,72	0,65	0,60	0,56
15	1,49	1,36	1,24	1,15	1,07	1,00	0,89	0,80	0,73	0,68	0,63
18	1,64	1,49	1,37	1,27	1,18	1,10	0,98	0,89	0,82	0,76	0,71
21	1,78	1,62	1,49	1,38	1,29	1,21	1,08	0,98	0,90	0,83	0,78
24	1,93	1,76	1,62	1,50	1,40	1,31	1,17	1,07	0,98	0,91	0,85

Dla kombinacji długości oraz prędkości, które nie znajdują się w tabeli 4, może być zastosowana poniższa formuła w celu wyznaczenia współczynnika korygującego [2]:

$$\text{współczynnik bezpieczeństwa} = \left(0,345 \cdot \frac{v}{\sqrt{L}} \right) + \frac{(58,62 \cdot L - 1034,5)}{L^2} \quad (3)$$

gdzie:

- v – prędkość statku w węzłach,
- L – długość statku w metrach.

Powyższy wzór nie powinien być stosowany w przypadku statków krótszych niż 50 m lub dłuższych niż 300 m. Dla statków, których wartość B/GM (szerokość statku/wysokość metacentryczną) jest mniejsza niż 13, należy dokonać skorygowania przyśpieszeń poprzecznych w oparciu o współczynnik z tabeli 5.

Siły wywołane działaniami wiatru oraz morza oddziaływujące na jednostki ładunkowe znajdujące się na odkrytym pokładzie mogą być obliczone w uproszczony sposób, przyjmując, że:

- siły wywołane ciśnieniem wiatru wynoszą 1 kN/m^2 ,
- siły wywołane falami wynoszą 1 kN/m^2 .

Fale marskie mogą powodować powstawanie sił znacznie większych niż początkowo zakładano. Dlatego wartości przedstawione w tabeli 4 powinny zostać uznane za minimalne po zastosowaniu odpowiednich środków zapobiegających przepływowi fali na pokładzie statku. Przy czym oddziaływanie sił pochodzących od fali musi być uwzględniane tylko od wysokości odkrytym pokładzie ładunkowego do 2 metrów ponad pokład statku lub do władu znajdującego się najwyżej.

Współczynniki korekty dla B/GM < 13 [2]

B/GM	7	8	9	10	11	12	13 lub większe
Odkryty pokład, wysoki	1,56	1,40	1,27	1,19	1,11	1,05	1,00
Odkryty pokład, niski	1,42	1,30	1,21	1,14	1,09	1,04	1,00
Międzypokład	1,26	1,19	1,14	1,09	1,06	1,03	1,00
Niższa składownia	1,15	1,12	1,09	1,06	1,04	1,02	1,00

9. Bilans sił i momentów

Dokonanie obliczenia bilansu sił należy wykonać zawsze dla następujących przypadków:

- przesunięć poprzecznych w kierunku sterburty,
- przesunięć wzdłużnych w warunkach ograniczonego tarcia do przodu ku rufie,
- przewróceń poprzecznych w kierunku sterburty.

W przypadku symetrycznego układu zabezpieczeń, wystarczy wykonać jedną kalkulację. Wielkość współczynnika tarcia (μ) przyczynia się do zapobiegania przesunięć, w celu odpowiedniego zabezpieczenia ładunków należy zapewnić odpowiedni styk materiałów. Współczynniki tarcia dla przykładowych par materiałów pokazano w tabeli 6.

Tabela 6

Współczynniki tarcia [2]

Styk materiałów	Współczynnik tarcia (μ)
Drewno–drewno, mokre lub suche	0,4
Stal–drewno lub stal–guma	0,3
Stal–stal, suche	0,1
Stal–stal, mokre	0,0

Bilans sił dla przesunięć poprzecznych

Bilans sił dla przesunięć poprzecznych powinien spełniać następujący warunek [2]:

$$F_y \leq \mu \cdot m \cdot g + CS_1 \cdot f_1 + CS_2 \cdot f_2 + \dots + CS_n \cdot f_n \quad (4)$$

gdzie:

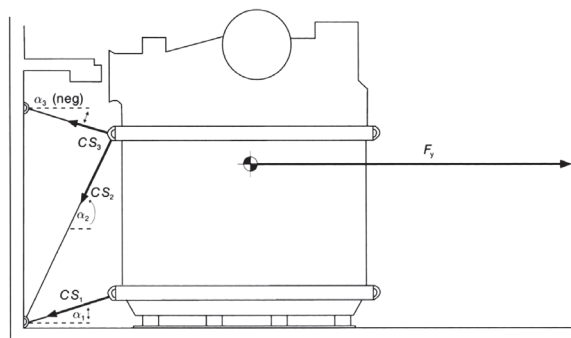
- n – liczba mocowań wykorzystywanych w obliczeniach,
- F_y – siły poprzeczne pochodzące z zakładanego obciążenia (kN),

- μ – współczynnik tarcia,
 m – masa jednostki ładunkowej,
 g – przyspieszenie ziemskie = 9,81 m/s²,
 CS – obliczona siła zabezpieczeń poprzecznych (kN).

$$CS = \frac{MSL}{1,5} \quad (5)$$

gdzie:

f – funkcja od μ oraz kąta pionowych zabezpieczeń (tabela 7).



Rys. 5. Bilans sił poprzecznych [2]

Fig. 5. The balance of transverse forces

Tabela 7

Wartość funkcji $f(\alpha, \mu) = \mu \cdot \sin \alpha + \cos \alpha$ [2]

$\mu \backslash \alpha$	-30°	-20°	-10°	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
0,3	0,72	0,84	0,93	1,00	1,04	1,04	1,02	0,96	0,87	0,76	0,62	0,47	0,30
0,1	0,82	0,91	0,97	1,00	1,00	0,97	0,92	0,83	0,72	0,59	0,44	0,27	0,10
0,0	0,87	0,94	0,98	1,00	0,98	0,94	0,87	0,77	0,64	0,50	0,34	0,17	0,00

Pionowy kąt zabezpieczeń α większy niż 60° powoduje zmniejszenie efektywności zabezpieczenia w odniesieniu do przemieszczeń jednostki ładunkowej. Oprzyrządowania zabezpieczające charakteryzujące się taką wielkością kąta można pominąć w bilansie sił, chyba że ładunek posiada tendencję do przewracania się lub jest zabezpieczony w trakcie transportu poprzez solidny naciąg, pozwalający na jego utrzymanie przez całą podróż.

Jakiegokolwiek poziomy kąt sił pochodzących od oprzyrządowania zabezpieczającego nie powinien przekraczać 30°. W przeciwnym przypadku takie zabezpieczenie może być nieskuteczne i należy rozważyć wykluczenie go z bilansu przesunięć poprzecznych.

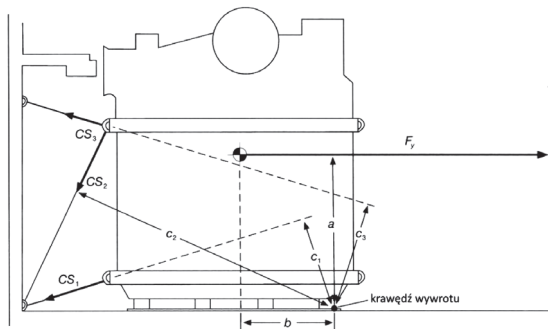
Bilans sił ze względu na przewrócenia poprzeczne

Następujące obliczenia powinny spełniać warunki (układ przykładowych mocowań i sił zaprezentowano na rys. 6) [2]:

$$F_y \leq b \cdot m \cdot g + CS_1 \cdot c_1 + CS_2 \cdot c_2 + \dots + CS_n \cdot c_n \quad (6)$$

gdzie:

- F_y – siły poprzeczne pochodzące z zakładanego obciążenia (kN),
- m – masa jednostki ładunkowej,
- g – przyspieszenie ziemskie = 9,81 m/s²,
- n – ilość mocowań wykorzystywanych w obliczeniach,
- CS – obliczona siła zabezpieczeń poprzecznych (kN),
- a – ramię siły wyrotu (m),
- b – ramię siły stabilności (m),
- c – ramię sił pochodzących od zabezpieczeń (m).



Rys. 6. Bilans momentów poprzecznych [2]

Fig. 6. Balance transverse moments

Bilans sił dla przesunięć wzdłużnych

W warunkach normalnych zabezpieczenia poprzeczne są wystarczające także, aby zapobiec przemieszczeniom wzdłużnym. W razie wątpliwości co do wytrzymałości zabezpieczenia można wykonać bilans, który powinien spełniać następujący warunek [2]:

$$F_x \leq \mu \cdot (m \cdot g - F_z) + CS_1 \cdot f_1 + CS_2 \cdot f_2 + \dots + CS_n \cdot f_n \quad (7)$$

gdzie:

- F_x – siły wzdłużne pochodzące z zakładanego obciążenia (kN),
- μ – współczynnik tarcia,
- m – masa jednostki ładunkowej,
- g – przyspieszenie ziemskie = 9.81 m/s²,
- n – ilość mocowań wykorzystywanych w obliczeniach,
- f – funkcja od μ oraz kąta pionowych zabezpieczeń (tabela 7),
- F_z – pionowe siły pochodzące z zakładanego obciążenia (kN),
- CS – obliczona siła zabezpieczeń wzdłużnych (kN).

$$CS = \frac{MSL}{1,5} \quad (8)$$

Wartość siły wzdłużnych zabezpieczeń poprzecznych nie powinny być większe niż $0,5 \cdot CS$.

10. Wnioski

Obowiązujące przepisy nie określają jednoznacznie, jakiego oprzyrządowania zabezpieczającego należy użyć, natomiast ustalają wymagania, jakie muszą być spełnione przy zabezpieczeniu danego typu ładunku. Określają także maksymalnie dopuszczalne wartości przyspieszeń ładunków oraz sił pochodzących od ich masy i zastosowanych zabezpieczeń. W CSS CODE podano sposoby wykonywania obliczeń w celu określenia wymaganych wartości sił dla odpowiedniego zabezpieczenia. Natomiast sam dobór zabezpieczeń dokonywany jest na podstawie posiadanych informacji o ładunku, rozmieszczeniu punktów mocujących na wagonach i promie oraz normach określających wymagania co do parametrów danego oprzyrządowania zabezpieczającego. Zastosowanie odpowiedniego rodzaju zabezpieczenia zgodnego z przepisami pozwala zmniejszyć ryzyko uszkodzenia ładunku i statku w trakcie przewozu promowych. Jest to szczególnie ważne przy przewozie podczas złych warunków pogodowych. Dlatego istotne jest, aby stosować się do określonych norm i przepisów.



Prezentowane wyniki badań zostały zrealizowane w ramach projektu EUREKA E!6726 LOADFIX dofinansowanego ze środków Narodowego Centrum Badań i Rozwoju



Literatura

- [1] Andersson N., Andersson P., Bylander R., Sökjer-Petersen S., Zether B., *Equipment for rational securing of cargo on railway wagons*, MariTerm AB, 2004.
- [2] *CSS CODE, Code of Safe Practice for Cargo Stowage and Securing Third Edition*, IMO, Croydon 2011.
- [3] *IMO/ILO/UNECE Guidelines for Packing of Cargo Transport Units (CTUs)*, IMO, London 1997.
- [4] *Międzynarodowa konwencja o bezpieczeństwie życia na morzu, 1974 SOLAS*, PRS, Gdańsk 2006.
- [5] PN-EN 12195-1.
- [6] *Poradnik mocowania ładunku* (<http://www.unityline.pl>, stan z dnia 09.2012).
- [7] *ZAŁĄCZNIK 11 do Ogólnej umowy o użytkowaniu wagonów towarowych (AVV)*, 2008.