

Mirosław Nader, Krzysztof Kielczyk

Politechnika Warszawska, Wydział Transportu

WYTRZYMAŁOŚĆ PRZEDNIEJ ŚCIANY NACZEPY CIĘŻAROWEJ W ASPEKTCIE BEZPIECZEŃSTWA RUCHU DROGOWEGO

Rękopis dostarczono: czerwiec 2017 rok

Streszczenie: Przewozy towarów naczepami ciężarowymi generują zagrożenia przemieszczania się ładunków w sytuacjach manewrów i kolizji. Odpowiednio skonstruowane ściany czołowe pojazdów ograniczają możliwość ruchu transportowanych towarów (w przypadku braku zastosowania pasów mocujących lub innych urządzeń zabezpieczających). Ściany przednie są szczególnie narażone na napór ładunku podczas hamowania pojazdów, dlatego wymagają oceny wytrzymałości. Metody badawcze obejmujące testy wytrzymałościowe, mające charakter niszczący, zawarte są głównie w normach europejskich: np. PN-EN 12642:2017 "Zabezpieczanie ładunków na pojazdach drogowych – Konstrukcja nadwozi pojazdów do przewozu towarów - Wymagania minimalne" oraz wewnętrznych przepisach niemieckich, np. VDI 2700:2004 "Zabezpieczenie ładunku na pojazdach drogowych" i szwedzkich tzw. "Test wahadła" bazujący na Regulaminie EKG ONZ nr 29. Możliwe też jest wykorzystanie metod symulacyjnych i obliczeniowych. W/w metody służą m.in. do badania wytrzymałości ścian przednich pojazdów ciężarowych. Badanie wytrzymałości przedniej ściany naczepy ciężarowej jest wysoce zasadne z punktu widzenia zabezpieczenia ładunku ale przede wszystkim bezpieczeństwa pasażerów, kierowcy i innych uczestników ruchu drogowego. Wymagania i ograniczenia przytoczonych metod badawczych nie są - w opinii autora - 100% - owym odwzorowaniem możliwych deformacji podczas rzeczywistego uderzenia pojazdu w przeszkodę. Z drugiej strony natomiast, pełnią funkcję uznanych regulatorów na międzynarodowej arenie przepisów prawa ruchu drogowego. Praca ma na celu wykazanie korzyści wynikających z zastosowania stalowych ścian przednich we wszystkich rodzajach zabudów naczep ciężarowych.

Słowa kluczowe: bezpieczeństwo ruchu drogowego, transport, ładunek

1. WPROWADZENIE

Transport jako dział gospodarki narodowej ma duży wpływ na jej rozwój, we wszystkich działach produkcji materialnej i usług. Każda działalność gospodarcza wiąże się z działalnością transportową poprzez dowóz do pracy osób, a także niezbędnych do produkcji surowców i materiałów oraz dystrybucję produktów. Tak więc transport przyczynia się do tworzenia dochodu narodowego gwarantując realizację obrotu towarowego oraz oddziałując na dynamikę rozwoju produkcji podmiotów gospodarczych.

Możliwość szybkiego przemieszczania osób i towarów do miejsc docelowego przeznaczenia, jaką oferuje transport drogowy spowodowała, że ten rodzaj transportu zdominował rynek przewozowy, zarówno w Polsce, jak i w innych krajach. Decydujący udział tego rodzaju transportu niesie jednak zagrożenia dla środowiska i bezpieczeństwa użytkowników dróg, m.in. w postaci zwiększonej emisji zanieczyszczeń oraz liczby wypadków i kolizji.

Drogowe przewozy towarowe stanowią trzon europejskiego transportu i logistyki. Europa potrzebuje nie tylko efektywnego, ale i bezpiecznego transportu drogowego towarów. Odpowiednie mocowanie ładunków pozwala na zwiększenie bezpieczeństwa tego rodzaju przewozów. Ocenia się, że do 25% wypadków z udziałem samochodów ciężarowych jest skutkiem niewłaściwego mocowania ładunków [4]. W niektórych państwach członkowskich obowiązują przepisy w zakresie mocowania ładunków, których treść i zakres często są jednak różne, co sprawia, że przewoźnicy międzynarodowi napotykają znaczne trudności przy próbie określenia minimalnych wymogów odnośnie mocowania towarów dla danej operacji przejazdu transgranicznego.

Odpowiednio skonstruowane ściany czołowe naczep ciężarowych ograniczają ruchy ładunku. Wytrzymałość ich konstrukcji należy określać na podstawie uznanych norm europejskich lub innych, odpowiadających im wymogom. Przyjęte standardy określają minimalne wymogi zapewniające zdolność skrzyni ładunkowej (lub jej części) do zabezpieczenia ładunku (jeżeli nie zostały wykorzystane urządzenia odciągowe). Ważne jest sprawdzenie właściwości i przeznaczenia pojazdu oraz czy jego komponenty spełniają wymogi pozwalające na traktowanie ich jako elementów systemu mocowania ładunku.

2. ŚCIANA PRZEDNIA NACZEPY CIĘŻAROWEJ

2.1. ROZWIĄZANIA KONSTRUKCYJNE I ZASTOSOWANIA

Pod względem materiałów stosowanych w produkcji ścian przednich zasadniczych różnic pomiędzy poszczególnymi konstrukcjami praktycznie nie ma. Rozbieżności wynikają z ich funkcjonalności i przeznaczenia.

W przypadku zabudów wywrotek służących do przewozu materiałów sypkich, kamieni, gruzu i masy bitumicznej stosowane są głównie stalowe i aluminiowe konstrukcje ścian przednich. Zachowują one odporność na uderzenia i ścieranie. Podobne rozwiązania wykorzystywane są w zabudowach kłonicowych pojazdów do przewozu drewna i stali.

W zabudowach skrzyniowych pojazdów ciężarowych, w większości wykorzystuje się natomiast lekkie przednie ściany aluminiowe wykonane z profili, kompozytowe lub drewniane z profilami stalowymi lub aluminiowymi. Różnica ich masy w stosunku do pełnych stalowych ścian czołowych to nawet 60%.

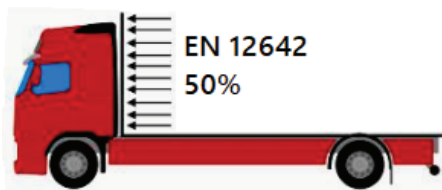
We wszystkich rodzajach zabudów istotne jest, aby wszelkie siły wywoływane przez ładunek rozkładały się w miarę możliwości równo i jak najniżej po powierzchni blokującej. Należy unikać wysokich obciążeń punktowych, czyli sił skoncentrowanych na stosunkowo małej powierzchni struktury.

2.2. METODY BADAWCZE ŚCIAN PRZEDNICH

2.2.1. PN-EN 12642:2017 – ZABEZPIECZENIE ŁADUNKÓW NA POJAZDACH DROGOWYCH – KONSTRUKCJA NADWOZI POJAZDÓW DO PRZEWOZU TOWARÓW – WYMAGANIA MINIMALNE

Ściana przednia samochodów ciężarowych, przyczep i naczep o masie brutto przekraczającej 3,5 tony (o ile wykorzystywana jest do mocowania ładunków) powinna być zaprojektowana w ten sposób, aby wytrzymała działanie 50% maksymalnego ciężaru ładunku. Obciążenie badawcze przykładane jest po wewnętrznej stronie ściany przedniej możliwie po całej szerokości i wysokości nie mniejszej niż 0,75%. Jest to wymóg przedmiotowej normy. Dozwolone graniczne odkształcenie pod działaniem maksymalnej siły to 300 mm, a trwałe odkształcenie po odjęciu obciążeniu nie może przekraczać 20 mm.

W normie PN – EN 12642:2017 ujęto dwie metody badawcze konstrukcji ściany przedniej: symulacyjną, statyczną - z użyciem miechów / poduszek pneumatycznych, oraz dynamiczną - z użyciem akcelerometrów do badania przyspieszeń wybranych punktów zabudowy podczas dynamicznej próby jazdy z rzeczywistym ładunkiem. Obie metody stosowane są równoważnie przez producentów i upoważnione laboratoria.



Rys. 1. Kryteria wytrzymałościowe dla ściany przedniej – metoda statyczna (źródło: www.unece.org)

Tablica 1

Zalety i wady badań statycznych oraz dynamicznych zgodnie z PN-EN 12642 kod XL

| PN-EN 12642 Code XL | Badania statyczne (aneks A) | Badania dynamiczne (aneks B) |
|---------------------|--|---|
| Zalety | <ul style="list-style-type: none"> - nie zależą od warunków pogodowych - proste do przeprowadzenia - łatwo odtwarzalne - szybka lokalizacja uszkodzenia - prosta technika pomiarowa | - praktyczne testy |
| Wady | <ul style="list-style-type: none"> - nie ma związku z praktyką - obciążenie próbne musi być stosowane przez min. 5 minut | <ul style="list-style-type: none"> - trudne do odtworzenia - wiele czynników wpływających na badanie (kierowca, droga, pojazd, ładunek) - zależne od pogody - duży plac pomiarowy |

2.2.2. VDI 2700:2004 – ZABEZPIECZENIE ŁADUNKÓW NA POJAZDACH DROGOWYCH

Normy z serii VDI 2700 wykorzystują badania drogowe / dynamiczne podczas testów ściany przedniej. Metodologia i warunki badań są identyczne jak tzw. "próba drogowa" opisana w normie PN-EN 12642:2017. Prędkość jazdy pojazdu podczas przeprowadzania badań powinna wynosić minimalnie 35 km/h. Po jej osiągnięciu następuje gwałtowne hamowanie do "zera". Należy przy tym osiągnąć minimalne opóźnienie 0,8g. W przypadku, gdy ładunek jest zabezpieczony od przodu jedynie przez ścianę czołową (bez dodatkowego osprzętu mocującego), w trakcie badania nie powinny być zauważone żadne trwałe zniszczenia, a po badaniu nie może być pęknięć, rozdarć, złamań czy innych deformacji ściany przedniej.

Metoda ta uwzględnia przeprowadzanie badań drogowych z rzeczywistym ładunkiem jakim ma być dedykowana docelowo naczepa ciężarowa, np. papier, szkło, stal, skrzynie automotive.

2.2.3. TEST SZWEDZKI – Regulamin EKG ONZ nr 29

Mimo upływu czasu jest to najbardziej rygorystyczny test, jeżeli chodzi o sprawdzanie wytrzymałości ściany przedniej. Metoda badawcza wywodzi się od Volvo Trucks. Już w 1948 r. Volvo, jako pierwszy producent samochodów ciężarowych, rozpoczęło seryjną produkcję kabin stalowych. Samonośna kabina z trzypunktowym układem zawieszenia zrewolucjonizowała zarówno rynek samochodów ciężarowych, jak i bezpieczeństwo kierowców. W 1959 r. przeprowadzono pierwsze testy, w których masywne, jednotonowe wahadło z wysokości 3 metrów uderzało w kabinę, by sprawdzić jej wytrzymałość. Rok później test zderzeniowy Volvo stał się normą oficjalnie obowiązującą w Szwecji, która pozostawała w mocy aż do kwietnia 2009 r. Obecnie "test szwedzki" został zastąpiony wymaganiami Regulaminu EKG ONZ nr 29. Metodologia jest zbliżona.

Do dzisiaj nieliczni producenci naczep są w stanie sprostać wymaganiom tytułowego testu.



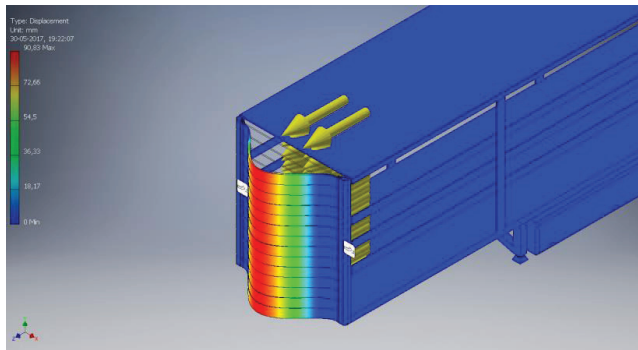
Rys. 2. Test szwedzki ściany przedniej naczepy ciężarowej – metoda dynamiczna (źródło: www.dekra.com)

2.2.4. BADANIA SYMULACYJNE I OBLICZENIOWE

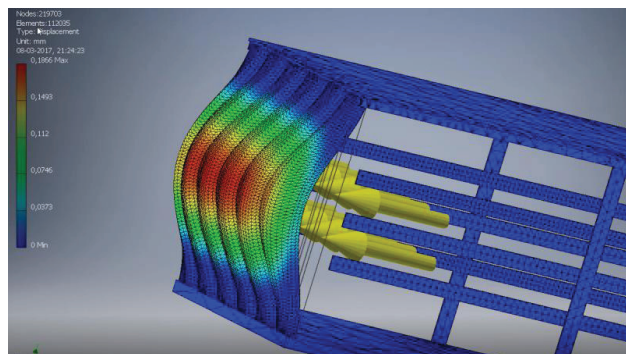
W praktyce, przed wykonaniem rzeczywistych badań wytrzymałościowych, przeprowadza się szereg prób i badań symulacyjnych. Są one niezwykle przydatne ze względu na aspekt ekonomiczny. Producent komponentu ma możliwość uprzedniego dostosowania konstrukcji pod względem zapotrzebowania rynku, doboru materiałów oraz spełnienia wymogów technicznych.

Zalety badań symulacyjnych to:

- możliwość eliminacji wpływu czynnika czasu obserwacji,
- powtarzalność eksperymentu w tych samych warunkach,
- możliwość badań dla warunków nie- lub trudno osiągalnych w rzeczywistości (ekstremalnych),
- możliwość badań nieniszczących,
- możliwość realizacji badań bez konieczności budowy prototypu.



Rys. 3. Badania symulacyjne ściany przedniej naczepy ciężarowej (sklejka wodoodporna) – bez utwierdzenia od góry i z dołu – z wykorzystaniem narzędzia komputerowego Autodesk Inventor (źródło: opracowanie własne)



Rys. 4. Badania symulacyjne ściany przedniej naczepy ciężarowej (stalowa) – bez utwierdzenia z boku – z wykorzystaniem narzędzia komputerowego Autodesk Inventor (źródło: opracowanie własne)

2.3. PRZYKŁADOWE WYNIKI

Badaniu wytrzymałościowemu poddano ścianę przednią kompozytową naczepy ciężarowej, kurtynowej. Metoda badawcza - akredytowana przez Polskie Centrum Akredytacji, oprzyrządowanie pomiarowe (zestaw akcelerometrów, rejestrator GPS) – zgodne z VDI 2700, badania dynamiczne, drogowe. Test hamowania do "zera" przeprowadzono na lotnisku.



Rys. 5. Opony jako rodzaj ładunku podczas badań drogowych

Źródło: Opracowanie własne.

Tablica 2

Identyfikacja pojazdu i obiektu badań

| | |
|--|--|
| Rodzaj pojazdu: | Naczepa ciężarowa |
| Badany element: | Ściana przednia naczepy |
| Kategoria pojazdu: | O ₄ |
| Rodzaj zabudowy: | Skrzynia |
| Dopuszczalna masa całkowita pojazdu | 35 ton |
| Rodzaj ładunku | Opony samochodów osobowych i dostawczych |
| Masa ładunku | 14 ton / pełna pojemność ładunkowa |

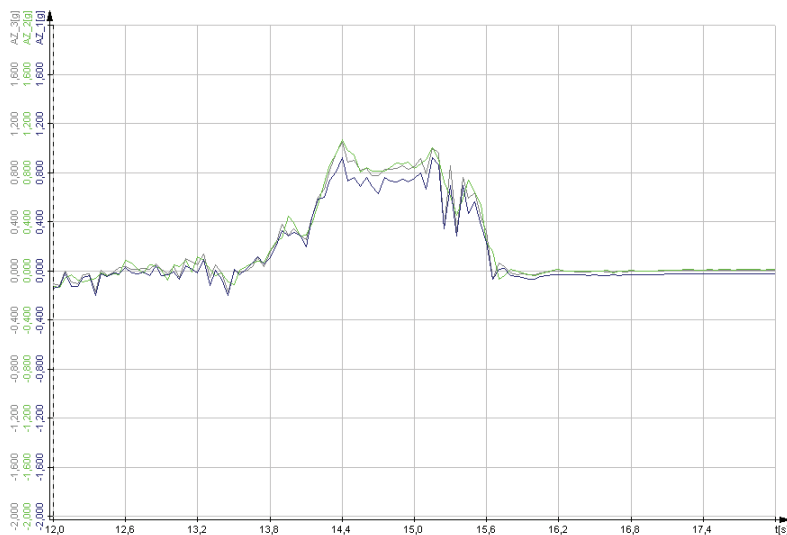
Źródło: Opracowanie własne.

Tablica 3

Wyniki badań

| Badany element | Wymagane opóźnienie hamowania | Kryterium zatwierdzenia | Wynik badania | Ocena |
|------------------------------------|-------------------------------|---|---|-----------------|
| Ściana przednia naczepy ciężarowej | min. 0,8 g | Brak odkształceń trwałych obiektu badań | Opóźnienie hamowania: 0,95 g Odkształcenie: 0 mm | Wynik pozytywny |

Źródło: opracowanie własne.



Rys. 6. Przebieg opóźnienia hamowania w funkcji czasu (źródło: opracowanie własne)

3. PODSUMOWANIE

Prawidłowe mocowanie ładunków w transporcie drogowym jest bardzo istotną kwestią. Niewłaściwe jego zabezpieczenie stanowi duże zagrożenie dla kierowcy, ale też dla innych użytkowników dróg i osób postronnych.

Stosowane przez producentów pojazdów ściany przednie powinny być zawsze sprawdzane (przed wdrożeniem do produkcji seryjnej) pod względem konstrukcyjnym, instalacyjnym oraz wytrzymałościowym. Często, podczas badań bezpośrednich (siłowych i zarazem niszczących) okazuje się, iż zaprojektowany i już wdrożony do produkcji kompletny pojazd, nie spełnia standardów bezpieczeństwa.

Producenci naczep ciężarowych oferują całą gamę różnych rozwiązań konstrukcyjnych ścian przednich, dostosowując je do przewozu uniwersalnych ładunków. Wyniki badań wszystkimi opisanymi w niniejszej pracy metodami jednoznacznie wskazują na "przewagę" ścian przednich stalowych nad innymi, np. kompozytowymi. Tym samym, zwiększone zostaje bezpieczeństwo kierowcy i innych użytkowników dróg. W opinii autora, ściany czołowe wszystkich rodzajów naczep ciężarowych poruszających się po drogach powinny być stalowe, a ich konstrukcja i wytrzymałość ujednolicona przepisami dla producentów. Należy sprawdzać też przeznaczenie pojazdu. Często zdarza się, że komponent i cała naczepa są sprawdzone pod kątem przewożenia lekkich ładunków, a docelowo podejmowane są w spedycjach przez przewoźników znacznie cięższe ładunki.

Bibliografia

1. DZ. U. z 2012 r. poz. 1137 wraz z późn. zm.,
2. www.stvo.de,
3. Dyrektywa 2007/46/WE,
4. www.ec.europa.eu,
5. PKN, PN – EN 12640 "Mocowanie ładunków na pojazdach drogowych – Punkty mocowania na pojazdach używanych do przewozu towarów – Minimalne wymagania i badania", 2002 r.,
6. www.vdi.de,
7. Prochowski L., Żuchowski A., "Technika transportu ładunków", Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, 2009 r.,
8. "European Best Practice Guidelines on Cargo Securing for Road Transport" – European Commission, Directorate - General for Energy and Transport,
9. <http://www.unece.org>,
10. Nader M., Kielczyk K., "Wymagania w zakresie wytrzymałości elementów konstrukcyjnych nadwozi pojazdów drogowych oraz urządzeń przeznaczonych do mocowania ładunków", Wydawnictwo Instytutu Logistyki i Magazynowania, 2014 r.,
11. Nader M., Kielczyk K., "Ocena wymagań stawianych systemom zabezpieczenia ładunku montowanych na pojazdach dostawczych na podstawie normy ISO 27956", Wydawnictwo Instytutu Logistyki i Magazynowania, 2015 r.,
12. Nader M., Kielczyk K., "Punkty mocowania ładunku stosowane na pojazdach drogowych", Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej, 2016 r.

STRENGTH OF THE SEMITRAILER'S FRONT WALL IN THE ASPECT OF ROAD TRAFFIC SAFETY

Summary: Transportation of goods by semitrailers generates the risk of cargo moving in situations of maneuvers and collisions. Properly designed vehicle's front walls limit the movement of transported goods (in case of absence of the fastening belts or others cargo securing devices). The front walls are mostly vulnerable to the load during vehicle braking and therefore strength rating is required. Testing methods including endurance tests, which have destructive nature, are mainly contained in European standards, e.g. PN-EN 12642:2017 "Securing of cargo on road vehicles – Body structure of commercial vehicles – Minimum requirements" and internal German regulations, e.g. VDI 2700:2004 "Securing of loads on road vehicles" and Swedish so-called. "Pendulum test" based on UNECE Regulation No 29. It is also possible to use simulation and calculation methods. All above methods are used mostly for testing the strength of the front walls of heavy duty vehicles. The strength tests of the semitrailer's front wall is highly justified from the point of view of securing the load and above all, safety of passengers, drivers and other road users. The requirements and limitations of the mentioned testing methods are not - in the author's opinion - 100% of realistic and possible deformation during the real vehicle's impact in the obstacle. On the other hand, the documents exists as recognized regulators in the international arena of the road traffic legislation. The work's aim is demonstrating the benefits of using steel front walls in all types of the semi-trailer's bodyworks.

Keywords: road traffic safety, transport, load