

Pasywne mechanizmy bezpieczeństwa w wagonach towarowych

Maciej GRZYWNA¹, Tymoteusz RASIŃSKI²

Streszczenie

Jednym z najważniejszych problemów kolejnictwa jest bezpieczeństwo. Zagadnienie to jest szczególnie istotne w odniesieniu do transportu towarów niebezpiecznych, będących zagrożeniem zdrowia i życia ludzi oraz środowiska naturalnego. Nowoczesne konstrukcje wagonów towarowych spełniają wymagania zawarte głównie w regulaminie dla międzynarodowego przewozu kolejami towarów niebezpiecznych (RID), umożliwiając bezpieczne przemieszczanie wspomnianych ładunków po sieci kolejowej. Ich odpowiednie wyposażenie w pasywne mechanizmy bezpieczeństwa umożliwia ograniczenie negatywnych skutków zdarzeń niepożądanych. Są to między innymi podzespoły umożliwiające pochłanianie energii zderzenia, eliminujące zjawisko wspinań oraz umożliwiające wykrywanie przypadków wykolejenia i ograniczające uszkodzenia zaworów załadunkowych wagonu.

Słowa kluczowe: pasywne bezpieczeństwo, wagony towarowe, materiały niebezpieczne, kolejnictwo

1. Wstęp

Przemieszczanie towarów niebezpiecznych z wykorzystaniem transportu kolejowego jest związane z pewnym ryzykiem, spowodowanym zagrożeniami: pożarowym, chemicznym i ekologicznym [17]. Zagrożenia wynikają z możliwości pojawienia się sytuacji niebezpiecznych, spowodowanych wystąpieniem zdarzeń niepożądanych, w szczególności incydentów, wypadków oraz poważnych wypadków, do których zaistnienia mogą przyczynić się uszkodzenia i wady materiałowe elementów pojazdów kolejowych. Inne przyczyny, to błędy popełniane w procesie eksploatacji, niewłaściwe metody i organizacja pracy, błędy i niedostateczne kwalifikacje pracowników, zły stan techniczny infrastruktury, nieprawidłowo przeprowadzony załadunek lub rozładunek, w tym złe zabezpieczenie ładunku, a także niekorzystne warunki atmosferyczne oraz działania o charakterze terrorystycznym [8]. Wystąpienie wymienionych zdarzeń niepożądanych prowadzi do zagrożenia zdrowia i życia ludzi, degradacji środowiska naturalnego oraz zniszczenia bądź uszkodzenia dóbr materialnych.

W sektorze kolejowych przewozów towarowych, problem transportu towarów niebezpiecznych identyfikowany jest głównie w obszarze konstrukcji oraz wyposażenia wagonów zbiornikowych i cystern. W celu ograniczenia skutków niepożądanego zdarzenia, w tym uszkodzenia struktury nośnej pojazdu i ładunku, np. w wyniku najechania

z nadmierną prędkością lub wykolejenia, zastosowano w nich wiele rozwiązań konstrukcyjnych oraz podzespołów zaliczanych do grupy mechanizmów bezpieczeństwa biernego (pasywnego). Mają one zdolność do:

- pochłaniania i rozpraszania nadmiernej energii dynamicznej, nad którą nie ma kontroli w czasie zderzenia, co odbywa się na drodze odkształceń sprężystych i plastycznych,
- wyeliminowania bądź ograniczenia skutków pionowego rozminięcia się zderzaków – tzw. wspinań, prowadzącego często do uszkodzenia i przebicia ściany czołowej (dennicy) wagonu,
- ograniczenia uszkodzenia zaworów załadunkowych zbiornika wagonu,
- detekcji stanów awaryjnych wagonu, w szczególności wykolejenia,
- zabezpieczenia termicznego ładunku,
- usprawnienia działań ratowniczych po zaistnieniu zdarzeń kolejowych.

2. Przepisy i regulacje odnoszące się do kolejowego przewozu towarów niebezpiecznych

Jednolity sposób postępowania uczestników przewozu kolejną towarów niebezpiecznych regulują ustalenia międzynarodowe, w szczególności:

¹ Inż.; Politechnika Krakowska, Wydział Mechaniczny, e-mail: grzywna.maciej@student.pk.edu.pl.

² Mgr inż.; Politechnika Krakowska, Wydział Mechaniczny; e-mail: tymoteusz.rasinski@mech.pk.edu.pl.

- Regulamin dla międzynarodowego przewozu kolejami towarów niebezpiecznych (RID) [11], będący Załącznikiem C do Konwencji o międzynarodowym przewozie kolejami (COTIF);
- Przepisy o przewozie towarów niebezpiecznych – Załącznik 2 do Umowy o międzynarodowej kolejowej komunikacji towarowej (SMGS).

W przypadku, gdy przewóz kolejną towarów niebezpiecznych odbywa się do państw, które nie są stronami Konwencji o międzynarodowym przewozie kolejami (COTIF), mają zastosowanie przepisy ustalone pomiędzy stronami, pod warunkiem zachowania bezpieczeństwa przewozu zgodnego z RID [16].

Dodatkowo, przemieszczanie kolejną towarów niebezpiecznych na terenie Polski, regulują następujące przepisy krajowe:

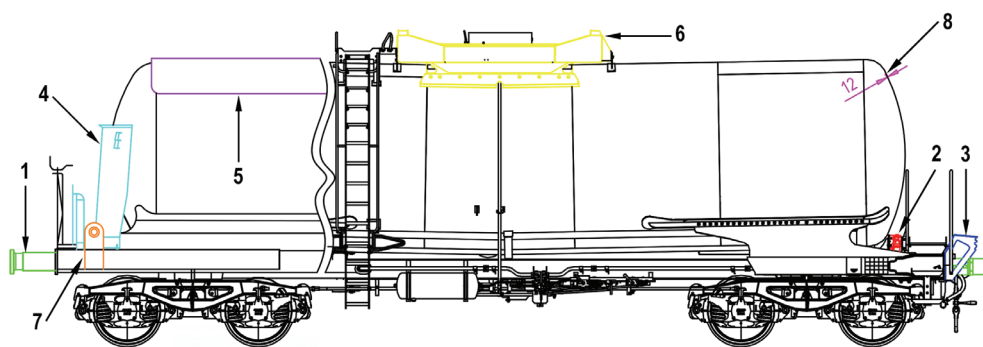
1. Instrukcje spółki PKP PLK S.A.: Ir-1, Ir-3, Ir-8, Ir-9, Ir-13, Ir-15;
2. Ustawa z dnia 15 listopada 1954 r. Prawo przewozowe, Tekst jednolity Dz.U. rok 2015, poz. 915 z późniejszymi zmianami;
3. Ustawa z dnia 29 listopada 2000 r., Prawo przewozowe, Tekst jednolity, Dz.U. 2017 r. poz. 576 z późniejszymi zmianami;
4. Ustawa z dnia 21 grudnia 2000 r. o dozorze technicznym. Tekst jednolity Dz.U. 2017 r. poz. 1040 z późniejszymi zmianami;
5. Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001. Ochrony środowiska. Tekst jednolity, Dz.U. 2014 r., poz. 1987 z późniejszymi zmianami;
6. Ustawa z dnia 14 grudnia 2012 r. o odpadach. Tekst jednolity Dz.U. 2016, poz. 1987 z późniejszymi zmianami;
7. Ustawa z dnia 23 marca 2003 rok o transporcie kolejowym. Tekst jednolity Dz.U. 2017, poz. 2117 z późniejszymi zmianami;
8. Ustawa z dnia 19 sierpnia 2011 r. o przewozie towarów niebezpiecznych. Tekst jednolity, Dz.U. rok 2016, poz. 1834 z późniejszymi zmianami;
9. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 18 lipca 2005 r. w sprawie ogólnych warunków prowadzenia ruchu kolejowego i sygnalizacji. Tekst jednolity Dz.U. 2015, nr 172. poz. 1444 z późniejszymi zmianami;
10. Rozporządzenie Ministra Transportu z dnia 2 listopada 2006 r. w sprawie dokumentów, które powinny znajdować się w pojeździe kolejowym. Dz.U. 2007, nr 9, poz. 63, Dz.U. z 2007 r. Nr 9, poz. 63;
11. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury i Budownictwa z dnia 16 marca 2016 r. w sprawie poważnych wypadków, wypadków i incydentów w transporcie kolejowym, Dz.U. rok 2016 r. poz. 369.

Dla wagonów cystern przeznaczonych do transportu towarów niebezpiecznych, należy uwzględnić przepisy specjalne „T” mające zastosowanie, gdy dla danego towaru niebezpiecznego w kolumnie 13 Tabeli A, pkt 3.2 RID [11], istnieje odpowiednia adnotacja o stosowaniu danego przepisu specjalnego. Przepisy specjalne podzielono na 6 kategorii:

- używanie (TU – *Using*),
- konstrukcja (TC – *Construction*),
- wyposażenie (TE – *Items of equipment*),
- zatwierdzenie typu (TA – *Type approval*),
- badania (TT – *Tests*),
- znakowanie (TM – *Marking*).

3. Pasywne mechanizmy bezpieczeństwa

W celu spełnienia wymagań dotyczących przewozu towarów niebezpiecznych, stawianych przez wymienione regulacje prawne, w konstrukcjach wagonów cystern należy stosować odpowiednie podzespoły i rozwiązania konstrukcyjne, które oznaczono na rysunku 1 i wymieniono w tablicy 1.



Rys. 1. Modelowa konstrukcja wagonu towarowego wyposażonego w podstawowe pasywne mechanizmy bezpieczeństwa zgodne z wymaganiami zawartymi w przepisie specjalnym RID odnoszącym się do kategorii wyposażenia – TE; opis podzespołów znajduje się w tablicy 1 [rys. autorów]

Tablica 1
Podzespoły i rozwiązania konstrukcyjne stanowiące
pasywne mechanizmy bezpieczeństwa wagonów towarowych
w odniesieniu do przepisów specjalnych RID

Numer	Podzespół / rozwiązanie konstrukcyjne	Przepis specjalny RID
1	Zderzak pochłaniający energię zderzenia (<i>crash buffer</i>)	TE22
2	Pneumatyczny detektor wykolejenia	–
3	Moduł antywspinaniowy	TE25
4	Czołowa osłona ochronna zbiornika	TE25
5	Moduł zabezpieczający przed przegrzaniem (płaszcz przeciwsłoneczny)	TE12
6	Rama zabezpieczająca zawory załadunkowe	–
7	Uchwyty do podnoszenia wagonu	–
8	Grubość ściany dennicy 12 lub 18 mm	TE25

[Opracowanie własne].

3.1. Zderzaki pochłaniające energię zderzenia

Zasadniczym zespołem elementów mającym wpływ na łagodzenie sił wzdłużnych, działających na pojazdy szynowe, są zderzaki kolejowe. Pośredniczą one w kontakcie pomiędzy ciągnionymi, pchanymi, odrzucanymi i nabiegającymi pojazdami kolejowymi.

Zgodnie z przepisem specjalnym TE22 pkt 6.8.4 b) RID [11], wagony cysterny oraz wagony baterie muszą być zdolne do pochłonięcia minimum 800 kJ energii na prostym torze, na każdym z końców wagonu, wskutek odkształceń sprężystych i plastycznych zarówno konstrukcji podwozia, jak i dodatkowych elementów pochłaniających. W pochłanianiu energii o tej wartości nie może brać udziału sam zbiornik ze względu na realne prawdopodobieństwo jego uszkodzenia lub odkształcenia. Absorpcja energii zderzenia przez odkształcenia plastyczne powinna następować przy prędkości najechania większej niż 12 km/h lub sile w pojedynczym zderzaku większej niż 1500 kN. Założenia zawarte w wymienionym przepisie uważa się za spełnione w przypadku zastosowania w konstrukcji zderzaków pochłaniających energię zderzenia (tak zwanych *crash buffers*), zgodnych z normami PN-EN 15551 [13] oraz PN-EN 12663-2 [12] w zakresie wytrzymałości podwozia. Pochłanianie energii zderzenia przez zderzaki odkształcalne polega najczęściej na deformacji plastycznej pochwy zderzaka, co przedstawiono na rysunku 2.

Standardowy *crash buffer* musi zaabsorbować i rozproszyć energię o wartości minimum 400 kJ w nowych wagonach towarowych, bądź 250 kJ w starszych wagonach towarowych [3]. Zderzak pochłaniający energię zderzenia jest mocowany w czterech

punktach do czołownicy wagonu za pomocą śrub dokręconych z momentem przewidzianym przez konstruktora wagonu. Wymiary przestrzenne zderzaka są zgodne z kartą UIC 526-1 [9]. Daje to możliwość stosowania tego typu zderzaków zamiennie ze zderzakami standardowej konstrukcji.



Rys. 2. Zderzak pochłaniający energię zderzenia po odkształceniu plastycznym pochwy [7]

Kontrola przydatności zderzaka odkształcalnego odbywa się przez organoleptyczną ocenę odcinka wsunięcia tulei w pochwę. Przeprowadzenie kontroli umożliwia pomarańczowy trójkąt namalowany na tulei wierzchołkiem zwróconym ku pochwie (patrz pkt 3.3. rysunek 4). Jeśli trójkąt w całości znajduje się poza pochwą, zderzak jest zdalny do eksploatacji. Gdy część trójkąta jest schowana w pochwie, to w konstrukcji zderzaka mogło już dojść do odkształceń plastycznych i taki zderzak należy wymienić, gdyż nie jest on zdalny do dalszej eksploatacji.

Według analiz przeprowadzonych w [3], cena zderzaka pochłaniającego energię zderzenia jest dwukrotnie wyższa od ceny konstrukcji konwencjonalnej, co przy czterech zderzakach daje różnicę około 3000 euro.

3.2. Pneumatyczny detektor wykolejenia

Do wykolejenia wagonów towarowych dochodzi znacznie częściej podczas prac przetokowych, niż w trakcie jazdy liniowej z większą prędkością. Ich podłożem często są błędy drużyn manewrowych, np. nie usunięcie płóz hamulcowych spod kół jezdnych przed rozpoczęciem prac przetokowych. Powstałe straty materialne w wyniku wykolejeń są liczone w milionach euro [14]. Podczas jazdy liniowej, prowadzący pojazd trakcyjny często nie jest w stanie samodzielnie wykryć sił wzdłużnych spowodowanych wykolejeniem pojedynczego wagonu, bądź ich grupy zestawionych w skład pociągu towarowego o znacznej długości. Przy wykolejeniu nie zawsze dochodzi do rozerwania pociągu, przez co przewód hamulcowy (przewód główny) zachowuje swoją ciągłość. Znane są przypad-

ki wielokilometrowej jazdy wykolejonego pojazdu, co powoduje znaczne straty finansowe, związane zarówno z uszkodzeniami drogi kolejowej, infrastruktury towarzyszącej, jak i urządzeń przytorowych. Ponadto, uszkodzone pojazdy kolejowe mogą powodować dodatkowe niebezpieczeństwo, np. w przypadku rozszczelnienia zbiornika pojazdu przewożącego towary niebezpieczne.

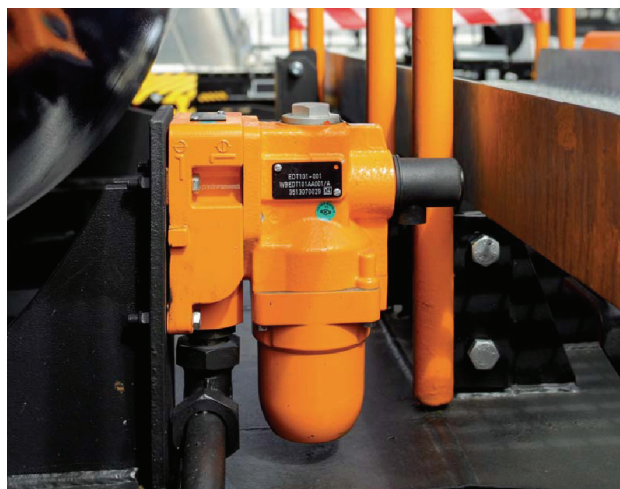
W celu zminimalizowania prawdopodobieństwa wystąpienia takich zdarzeń i utrzymania niskiej liczby związanych z tym uszkodzeń, stosowane są detektory wykolejenia, umożliwiające automatyczne wdrożenie procedury hamowania nagłego przez wypuszczenie sprężonego powietrza z przewodu głównego. Jest to jednoznaczne z szybkim napełnieniem cylindrów hamulcowych we wszystkich pojazdach z czynnym hamulcem służbowym, sprzęgniętych pneumatycznie w składzie pociągu. Podstawą działania urządzeń wykrywających wykolejenie są pomiary przyspieszeń w ruchu oscylacyjnym masy sejsmicznej reagującej na przyspieszenia pionowe ramy wagonu. Ważne jest, aby po zabudowie detektora wagony towarowe nadal spełniały wymagania interoperacyjności, a wymagania dotyczące prac obsługowych przy pojeździe nie zmieniły się.

Przykładem takiego podzespołu jest detektor wykolejenia, oznaczany jako EDT101, wprowadzony na rynek przez firmę Knorr-Bremse. Urządzenie może być zabudowane w wagonie bez wprowadzania większych modyfikacji jego konstrukcji. Przykład zastosowania detektora wykolejenia przedstawiono na rysunku 3. Urządzenie jest bezobsługowe, tzn. nie wymaga żadnych dodatkowych prac wykonywanych w trakcie planowych przeglądów i napraw. Producent zastrzega, że zabudowa detektora nie powinna być wykorzystywana jako usprawiedliwienie dla nienależytego wykonywania czynności obsługowych. Po wykryciu wykolejenia pojazdu, z detektora wysuwa się czerwony wskaźnik informujący o zadziałaniu urządzenia, który jest aktywny do momentu przywrócenia go do położenia zasadniczego przez manualne wciśnięcie go do środka korpusu. Dodatkowo detektor EDT101 posiada funkcję automatycznego zerowania, tj. powrotu do pozycji wyjściowej.

Kolejowy transport towarowy jest szczególnie wrażliwy na zmiany dotyczące struktury kosztów, dlatego wyposażenie taboru w dodatkowe urządzenia musi mieć rozsądne uzasadnienie. Zastosowanie urządzeń pneumatycznych, w przeciwieństwie do urządzeń elektronicznych, pociąga za sobą mniejsze koszty inwestycyjne oraz nie wymaga dostarczania energii elektrycznej, co jest szczególnie problematyczne w wagonach towarowych.

Analizując wady i zalety opisanego mechanizmu, należy także zwrócić uwagę na możliwość jego nieprawidłowego zadziałania w czasie eksploatacji. Wyniki badań przeprowadzonych w Szwajcarii [14] wskazują,

że do 3% bezzasadnych zatrzymań pociągów wskutek wdrożenia hamowania nagłego doszło w wyniku nieprawidłowego zadziałania detektora wykolejenia. Jest to powiązane z wystąpieniem wyższych niż wcześniej przewidywano wibracji (drgań) oraz zbyt wysokiej temperatury smaru w detektorze, na którą wpływ ma wysoka temperatura otoczenia. Oczywiście jest, że nieprawidłowe wyzwolenie hamowania nagłego nie jest zjawiskiem pożądanym – powoduje to opóźnienie, najczęściej rzędu około 20 minut, jednak zazwyczaj nie prowadzi do powstania zagrożenia bezpieczeństwa. Producent wdrożył odpowiednie modyfikacje urządzenia, m.in. przeskalował czułość detektora z zakresu 5÷10 g do 6,5÷11,5 g, przez co wskaźnik fałszywych detekcji wykolejeń spadł do zera. Europejska Agencja Kolejowa (ERA) opublikowała raport [4], z którego wynika, iż nawet 2–3% nieuzasadnionych wdrożeń hamowania nagłego, spowodowanych niepoprawną detekcją wykolejenia, nie wpływa negatywnie na opłacalność stosowania tego typu urządzeń w wagonach towarowych.



Rys. 3. Przykład zastosowania detektora wykolejenia EDT101 w konstrukcji wagonu towarowego [2]

Zasadniczo stosowanie detektorów wykolejenia może budzić wątpliwości w stosunku do zgodności działania tego typu urządzeń z wymaganiami Technicznych Specyfikacji Interoperacyjności (TSI) w aspekcie „Bezpieczeństwa w tunelach kolejowych”, dotyczących zapisu o wdrożeniu hamowania nagłego w związku z zagrożeniem pożarowym podczas przejazdu przez tunel. Zgodnie z [2] pkt 4.4.2., w którym zdefiniowano zasady postępowania na wypadek zdarzenia niebezpiecznego, pociąg należy zatrzymać przed wjazdem do tunelu bądź wyprowadzić z tunelu z wyjątkiem wystąpienia wykolejenia, które wymaga natychmiastowego zatrzymania. Zatem wszelkie wątpliwości dotyczące opisywanej zgodności ze wspomnianymi wymaganiami TSI są bezpodstawne.

3.3. Moduł antywspinaniowy

Powszechny scenariusz wypadku kolejowego polega na najechnaniu (nabieganiu) jednego pojazdu na drugi z nadmierną prędkością, co prowadzi do odkształceń w ich konstrukcji oraz często do pionowego rozminięcia się zderzaków, czego wynikiem jest wspinanie się na siebie sąsiednich pojazdów. Aby zapobiec temu bardzo szkodliwemu zjawisku prowadzącemu na przykład do rozszczelnienia zbiornika wagonu przewożącego towar niebezpieczny, w konstrukcjach wagonów towarowych stosuje się specjalistyczne urządzenia zapobiegające wspinaniu. Zasadniczo komplet modułów składa się z czterech elementów o niewielkiej masie rzędu kilkudziesięciu kilogramów każdy, przytwierdzanych bezpośrednio do czołownicy pojazdu.

Zgodnie z przepisem specjalnym TE25 pkt 6.8.4 a) RID [11] zbiorniki wagonów cystern muszą być chronione przed rozminięciem się zderzaków i wykojeniem bądź w celu ograniczenia szkód spowodowanych tym procesem. Moduł antywspinaniowy jest skonstruowany w taki sposób, aby zjawisko wspinania całkowicie wyeliminować. W czasie zderzenia moduł powinien zapewniać:

- pozostanie ostoi (ramy wagonu) na takim samym poziomie,
- nienaruszalność skrajni statycznej i kinematycznej wagonu, w tym przestrzeni berneńskiej (przestrzeni dla sprzęgającego),
- możliwość jazdy po łuku toru o promieniu 75 m,
- możliwość normalnej pracy zderzaka na drodze odkształceń sprężystych i plastycznych,
- działanie niezależnie od stanu obciążenia i zużycia,
- wytrzymałość na obciążenie pionowe 150 kN w górę i w dół,
- działanie niezależne od wyposażenia sąsiedniego pojazdu,
- szerokość co najmniej równą szerokości tarczy zderzaka i umieszczenie nad każdym zderzakiem,
- możliwość stosowania zderzaków zgodnych z normami PN-EN12663-2 [12] i PN-EN 15551 [13],
- nie stwarzać zagrożenia przedziurawienia dennicy zbiornika.

Przykładową konstrukcję modułu zabezpieczającego przed pionowym rozminięciem się zderzaków produkcji EST o oznaczeniu AC04 przedstawiono na rysunku 4. Na rynku dostępne są również moduły antywspinaniowe o nieco innej konstrukcji, dostarczane przez przedsiębiorstwa Ermewa oraz VTG Rail Europe.

3.4. Czołowa osłona ochronna zbiornika

Warunki ograniczenia szkód przy pionowym rozminięciu się zderzaków wagonów przewożących to-

wary niebezpieczne definiuje przepis specjalny TE25 pkt 6.8.4 b), c), d) RID [11]. Szkody spowodowane tym nadzwyczaj szkodliwym zjawiskiem można zminimalizować przez:

- zwiększenie grubości ścian dennicy zbiornika do minimum 12 mm lub nie mniej niż 18 mm w przypadku przewozu następujących gazów: UN 1017 CHLOR, UN 1749 TRIFLUOREK CHLORU, UN 2189 DICHLOROSILAN, UN 2901 CHLOREK BROMU, UN 3057 CHLOREK TRIFLUOROACETYLU lub użycie materiału o wyższej zdolności do pochłaniania energii zderzenia według TE25 pkt 6.8.4 b, RID [11],
- zastosowanie zbiorników z dennicami typu *sandwich cover* według TE25 pkt 6.8.4c, RID [11],
- zabudowę osłony ochronnej na każdym z czoł wagonu – jej szerokość powinna być co najmniej równa odległości wyznaczonej przez zewnętrzne krawędzie tarcz zderzaków, wysokość natomiast powinna pokrywać, licząc od górnej krawędzi czołownicy, przynajmniej 2/3 średnicy zbiornika bądź co najmniej 900 mm i być wyposażona w mechanizm zatrzymujący wspinające się zderzaki, mieć odpowiednią grubość ścianek osłony (minimum 6 mm), jej mocowanie powinno być zrealizowane w taki sposób aby zminimalizować prawdopodobieństwo przebicia dennicy przez osłonę według TE25 pkt 6.8.4 d RID [11].



Rys. 4. Moduł antywspinaniowy EST AC04 oraz odkształcalny zderzak pochłaniający energię zderzenia EST G2 [6]

Przykład czołowej osłony ochronnej, zabudowanej na wagonie cysternie, przedstawiono na rysunku 5.



Rys. 5. Czołowa osłona ochronna zbiornika oraz uchwyt usprawniający działania ratunkowe [5]

3.5. Moduł zabezpieczający przed przegrzaniem

W przypadku przewozu gazów skroplonych, konstrukcja zbiornika wagonu cysrny, zgodnie z RID pkt 6.8.3.2.14 [11], musi mieć odpowiednią izolację cieplną. Może ją stanowić całkowita osłona z materiału izolacyjnego o odpowiedniej grubości bądź osłona przeciwsłoneczna (tzw. płaszcz przeciwsłoneczny, rysunek 6), pokrywająca minimum 1/3 (lecz nie więcej niż połowę) górnej powierzchni zbiornika. Płaszcz nie może bezpośrednio przylegać do zbiornika, a pośrednia warstwa powietrza pomiędzy nimi musi mieć grubość minimum 4 cm.



Rys. 6. Widok na płaszcz przeciwsłoneczny pokrywający górną część zbiornika [1]

Do zagadnienia izolacji cieplnej odnosi się również przepis specjalny TE12 zawarty w RID pkt 6.8.4 (odwołujący się do pkt 6.8.3.2.14) określający, że osłona przeciwsłoneczna i wszystkie nieosłonięte części zbiornika powinny być pokryte białą farbą bądź polerowaną metalową osłoną. Powłoka lakiernicza powinna być czyszczona przed każdym przewozem oraz odnowiona w razie żółknięcia lub pogorszenia jej stanu pierwotnego. Cysterny powinny być wyposażone w zawory bezpieczeństwa typu sprężynowego,

bądź w płytki bezpieczeństwa oraz urządzenia do pomiaru rzeczywistej temperatury. Jeżeli transportowane towary i produkty ich rozkładu są palne, to zawory podciśnieniowe i zawory bezpieczeństwa typu sprężynowego cystern powinny być wyposażone w tłumik płomienia, którego wpływ na zmniejszenie przepustowości wspomnianych zaworów należy uwzględnić przy obliczeniach.

3.6. Moduł zabezpieczający zawory ładunkowe zbiornika przy przewróceniu

Scenariusz wypadku kolejowego może dotyczyć wykoślenia lub przewrócenia się wagonu, np. stoczenia z nasypu kolejowego bądź uderzenia w filar mostu, budynek lub konar drzewa. W analizowanym przypadku szczególnie wrażliwe na uszkodzenia są zawory i włazy wagonu znajdujące się w górnej części zbiornika. Aby uniknąć uszkodzenia wspomnianych podzespołów, należy zastosować ich odpowiednie zabezpieczenie. Przykładem takiego modułu jest, wykonana ze stali konstrukcyjnej o wysokiej wytrzymałości i małej masie (około 500 kg), rama oznaczana jako UE01, opracowana przez firmę WASCOSA, rysunek 7. Zabezpiecza ona górną strefę zaworów ładunkowych (właz) przed kolizją ze sztywnymi elementami. Producent zapewnia o poprawności działania mechanizmu w przypadku stoczenia się wagonu z nasypu o wysokości do 4 m.



Rys. 7. Moduł o oznaczeniu UE01 zabezpieczający zawory zbiornika przy przewróceniu [1]

3.7. Uchwyty do podnoszenia wagonu

VTG Rail Europe zastosowało w konstrukcji wybranych wagonów cystern dodatkowe uchwyty umożliwiające szybkie i sprawne podniesienie wagonu towarowego w trakcie trwającej akcji ratunkowej. W pojedynczym pojeździe są cztery takie uchwyty, każdy o udźwigu 25 ton. Stanowią one integralną część ramy (ostoi) wagonu. Opisany moduł przedstawiono w pkt 3.4, na rysunku 5.

4. Podsumowanie

Współczesne konstrukcje wagonów towarowych umożliwiają bezpieczne transportowanie towarów niebezpiecznych po sieci kolejowej. Odpowiednio sformułowane wymagania (głównie w RID) znacznie ograniczają ryzyko wystąpienia niebezpieczeństwa związanego z zaistnieniem zdarzeń niepożądanych. Nowoczesne pasywne mechanizmy bezpieczeństwa umożliwiają pochłanianie energii zderzenia, zapobieganie bądź ograniczanie skutków pionowego rozmięcia się zderzaków, wykrywanie stanu wykolejenia pojazdu oraz termiczne zabezpieczenie towaru. Zasadniczo, wyposażenie pojazdu kolejowego w odpowiednie rozwiązania konstrukcyjne i urządzenia zabezpieczające powoduje wzrost masy własnej wagonu średnio o 1,2 t [10]. Prowadzi to do ograniczenia ładowności wagonów towarowych przy zachowaniu ich dotychczasowej długości. Stosowanie pasywnych mechanizmów bezpieczeństwa w wagonach towarowych wiąże się ze wzrostem kosztów ich zakupu, co przekłada się na wyższe koszty usługi transportowej towarów niebezpiecznych za pośrednictwem środków transportu kolejowego.

Urządzeniem, które w niedalekiej przyszłości może być powszechnie wykorzystywane w większości wagonów towarowych, nie tylko w pojazdach o konstrukcji przystosowanej do przewozu towarów niebezpiecznych, jest detektor wykolejenia. Dzięki temu małowagowemu podzespołowi, łatwemu do zabudowy w konstrukcji obecnie eksploatowanych pojazdów, można znacznie ograniczyć negatywne skutki wykolejenia, prowadzące do dużych strat materialnych i niepożądanych przerw w ruchu pociągów.

Pasywne mechanizmy bezpieczeństwa stosowane w wagonach towarowych, pomimo nakładu początkowych kosztów, wpływają na poprawę bezpieczeństwa prowadzenia przewozów towarów niebezpiecznych transportem kolejowym.

Literatura

1. Asocjacje bezpieczeństwa poradców i znalców, Informacyjny bulletin 2/11, o.s. 2011.
2. Bing D.: *Using derailment detectors on journeys through tunnels – a measure to increase safety in rail – freight traffic*, Wascosa AG Infoletter edition 23 June 2014.
3. Cost/benefit analysis for proposal on crash buffers for tank-wagons intended for the carriage of dangerous goods, 3rd Session of the RID Committee of Experts' standing working group, OTIF, Berne, 20–21, May, 2014.
4. European Railway Agency: Impact Assessment on the use of Derailment Detection Devices in the EU Railway System, Final report May, 2009.
5. Flüssiggas-Kesselwagen Für Chlor/SO₂, VTG Rail Europe.
6. Grillo – Wascosa safe tank car ®, Konzept.
7. <https://www.pressreleasefinder.com/SABIC/SAB-ICPOLPR032/en/> [access February 2019].
8. Instrukcja o postępowaniu w sprawach poważnych wypadków, wypadków i incydentów w transporcie kolejowym Ir-8, PKP Polskie Linie Kolejowe S.A.
9. Karta UIC 526-1, Wagony towarowe, Zderzaki o skoku 105 mm.
10. Klein S.: *Pflicht und Kür*, Gefährliche Ladung 01/2014.
11. Konwencja o międzynarodowym przewozie kolejami (COTIF), Załącznik C – Regulamin dla międzynarodowego przewozu kolejami towarów niebezpiecznych (RID), 2019.
12. PN-EN 12663-2: Kolejnictwo. Wymagania konstrukcyjno-wytrzymałościowe dotyczące pudeł kolejowych pojazdów szynowych. Część 2: Wagony towarowe.
13. PN-EN 15551: Kolejnictwo. Pojazdy szynowe. Zderzaki.
14. Presentation of EDT101, Working Group on Derailment Detection, Rome 13–15 October, 2014 [access <https://otif.org/>].
15. Rozporządzenie Komisji (UE nr 1303/2014) z dnia 18 listopada 2014 roku w sprawie technicznej interoperacyjności w zakresie aspektu „Bezpieczeństwa w tunelach kolejowych” systemu kolei w Unii Europejskiej, Dz.U. UE w L 356.
16. Ustawa z dnia 19 sierpnia 2011 r. o przewozie towarów niebezpiecznych (Dz.U. 2016, poz. 1834).
17. Ustawa z dnia 26 kwietnia 2007 r. o zarządzaniu kryzysowym (Dz.U. 2007 nr 89 poz. 590).