

KWAŚNIEWSKI Stanisław¹
MŁYŃCZAK Marek¹
NOWAKOWSKI Tomasz¹

Bezpieczeństwo transportu kolejowego ładunków niebezpiecznych – koncepcja identyfikacji zagrożeń

WSTĘP

Ładunki niebezpieczne stanowią obecnie w Polsce około 8 % masy wszystkich przewożonych ładunków, dotyczy to zarówno transportu drogowego jak i kolejowego. Transport kolejowy, ze względu na swoją specyfikę organizacji ruchu oraz zabezpieczeń jest szczególnie predysponowany do tego rodzaju przewozów. Chcąc ograniczyć ewentualne zdarzenia (wycieki, rozsypanie się lub gwałtowne reakcje w przypadku ładunków wybuchowych) spowodowane różnymi przyczynami podczas transportu – kierujemy się bardzo szczegółowymi przepisami. Przepisy te podlegają ciągłej modyfikacji wymuszonej przez postęp techniczny, powstaniem nowych rozwiązań technologicznych umożliwiających podniesienie poziomu bezpieczeństwa przewozu. Również sytuacje polityczne stwarzają nowe do tej pory nieznane zagrożenia. Przykładem mogą być ataki w 2001 roku na WTC w Nowym Jorku. Od tego czasu zauważono, że niektóre przewożone ładunki mogą być wykorzystane przez terrorystów do wywołania ogromnych spustoszeń w środowisku oraz zagrożeń dla ludności. Wyłoniono grupę ładunków nazwaną materiałami o dużym stopniu ryzyka (TNWR). Przewóz tych ładunków odbywa się z zachowaniem dodatkowych procedur. Drugim nurtem przemian w technologii przewozu ładunków niebezpiecznych jest dążenie do zabezpieczenia ładunków przed działaniem nadmiernych sił wzdłużnych w sytuacjach kryzysowych jak np. zderzenie wagonów. Poprawę sytuacji można osiągnąć przez zastosowanie nowej generacji zderzaków z zwiększonej zdolności do rozpraszania energii. Poprawę bezpieczeństwa może zagwarantować również stosowanie nowych procedur i programów o systemowym charakterze, metod oceny ryzyka, oraz wdrożenie systemu ISO 31000. Od 2001 roku stosowane są nowe standardy systemów zarządzania bezpieczeństwem – SMS.

Celem tej pracy jest zwrócenie uwagi na tendencje w dziedzinie zapewnienia wyższego niż dotychczas bezpieczeństwa transportu ładunków niebezpiecznych w transporcie kolejowym.

1. PRZEPISY REGULUJĄCE PRZEWOZY MATERIAŁÓW NIEBEZPIECZNYCH KOLEJĄ

Początek uporządkowania zasad przewozu ładunków niebezpiecznych dała inicjatywa Organizacji Narodów Zjednoczonych w postaci Wytycznych do opracowania katalogu materiałów niebezpiecznych podlegających transportowi tzw. Orange Book [9]. Księga ta zawiera uporządkowany spis około 3000 substancji chemicznych, które mogą być transportowane pod warunkiem zachowania szczegółowych procedur odnośnie pakowania, usytuowania w środkach transportu, oznakowania, sposobu manipulowania, technologii transportu. Katalog tych substancji przypisuje każdej z substancji odpowiedni numer klasyfikacyjny oraz określa główne i poboczne zagrożenia jakie wiążą się z tą substancją w przypadku wydostania się jej do środowiska naturalnego. Katalog ten stał się podstawą do opracowania procedur postępowania z materiałami niebezpiecznymi podczas pakowania, ładowania, manipulowania, rozładunku a także ich przewozu, Procedury te są opracowane dla każdej gałęzi transportu z uwzględnieniem jej specyfiki. W ten sposób powstały przepisy modalne ADR[2], RID[7], ADN[1], IMDG[6], ICAO[5]. Każda część przepisów RID zawiera kompletny zbiór wymagań z jednej wydzielonej dziedziny (np. klasyfikacji, procedur wysyłkowych, nadawczych, itp.) i adresowana jest do określonej grupy użytkowników.

¹ Politechnika Wrocławska, stanislaw.kwasniowski@pwr.wroc.pl, marek.mlynczak@pwr.wroc.pl, tomasz.nowakowski@pwr.wroc.pl

Drugim dokumentem, regulującym międzynarodowy przewóz kolejami towarów niebezpiecznych, w kierunku wschodnim jest Załącznik 2 do Umowy o Międzynarodowej Kolejowej Komunikacji Towarowej (SMGS)[8] – Przepisy o Przewozie Towarów Niebezpiecznych (Dz.U. nr 1/1998 r., poz. 2). Umowa o międzynarodowej kolejowej komunikacji towarowej (SMGS) obowiązuje od 1 listopada 1951 roku i ustala zasady bezpośredniej komunikacji kolejowej dla przewozów przesyłek towarowych pomiędzy kolejami krajów, wchodzących dawniej w skład byłego ZSSR lub z nimi graniczących oraz Albanii i Wietnamu. Pomimo rozpadu byłego bloku wschodniego umowa ta nadal jest stosowana, ponieważ została zawarta na czas nieograniczony, niezależnie od tego, że Polska, Litwa, Łotwa i Estonia stosują się do prawa unijnego. Pozostałe kraje członkowskie tzw. Państwa Demokracji Ludowej, nie są sygnatariuszami Konwencji COTIF i stosują SMGS. Obecnie obowiązujący Załącznik 2 do Umowy o Międzynarodowej Kolejowej Komunikacji Towarowej (SMGS) – Przepisy o Przewozie Towarów Niebezpiecznych ważny od 1 lipca 2005 roku jest zbliżony do przepisów RID. Ponieważ przepisy dotyczące bezpieczeństwa przewozu kolejną towarów niebezpiecznych są bardzo istotne a zarazem obszerne PKP S.A. wydały do użytku wewnętrznego (pierwsza edycja w 1995 r.) „Wytyczne postępowania przy przewozie kolejną towarów niebezpiecznych”, stanowiące załącznik do zarządzenia Nr 7 Zarządu PKP S.A., z dnia 19 marca 2001 r. (Biuletyn PKP „A” Nr 3, poz. 7) [10]. Należy jednak pamiętać, że dokument ten, bardzo przydatny zwłaszcza dla szeregowych pracowników firm uczestniczących w procesie przewozu towarów niebezpiecznych, jest tak naprawdę podręczną ściągawką z RID i Załącznika 2 do SMGS i nie może tych przepisów zastąpić.

Przełomowym wydarzeniem w ustawodawstwie unijnym jest Dyrektywa WE 68/2008, przyjmująca z dniem 1 stycznia 2009 r. dotychczasowe przepisy modalne ADR, RID i ADN jako obowiązujące na terenie wszystkich krajów unijnych. Od tej pory posługujemy się zharmonizowanymi, jednolitymi przepisami o transporcie lądowym materiałów niebezpiecznych. W Polsce ten stan prawny wprowadza ustawa o przewozie towarów niebezpiecznych z dnia 19 sierpnia 2011 r (Dz. U. nr 227/ 2011 poz. 1367).

2. CHARAKTERYSTYKA MATERIAŁÓW NIEBEZPIECZNYCH TRANSPORTOWANYCH KOLEJĄ

Materiały niebezpieczne to substancje w różnych stanach skupienia, które po wydostaniu się z opakowań, w których się znajdują stanowią zagrożenie dla zdrowia i życia ludzi oraz dla środowiska naturalnego. Pod względem rodzaju zagrożenia dla otoczenia w czasie załadunku, przewozu i wyładunku towary niebezpieczne dzielą się na 13 klas. Każdy towar niebezpieczny powyższych klas jest zaopatrzony w numer rozpoznawczy UN, który jest podawany przed właściwą nazwą przewozową, np. UN 1090 ACETON. Układ katalogu jest charakterystyczny dla każdej gałęzi transportu gdyż uwzględnia specyfikę tej gałęzi .

Każdy ładunek dopuszczony do transportu posiada certyfikat potwierdzający jego własności fizyko-chemiczne. Jednostką upoważnioną w Polsce do nadawania certyfikatów dla wszystkich klas materiałów za wyjątkiem klasy 7 jest Instytut Przemysłu Organicznego w Warszawie. Certyfikaty dla klasy 7 wydaje Państwowa Agencja Atomistyki.

Ze względu na potencjalne zagrożenia w czasie przewozu Kolejy wyróżniają grupę materiałów szczególnie niebezpiecznych (MSN) oraz towarów o wysokim stopniu ryzyka (TNWR).

Materiały szczególnie niebezpieczne są to materiały charakteryzujące się wyjątkowo szkodliwymi właściwościami niebezpiecznymi dla życia i zdrowia człowieka oraz środowiska naturalnego.

Materiały te wyodrębniono spośród towarów wymienionych w Regulaminie RID dla specjalnego postępowania przy przewozie na sieci PKP poprzez monitorowanie ich przewozu.

Towary niebezpieczne wysokiego ryzyka (TNWR) to takie, które wbrew ich pierwotnemu przeznaczeniu, użyte dla celów terrorystycznych, mogą spowodować poważne skutki, takie jak liczne straty ludziach i masowe zniszczenia. Ze względu na zagrożenie jakie stwarzają ogranicza się ilości tych materiałów jakie mogą być przewożone jednorazowo w jednostce transportowej.

Istnieją również uwarunkowania zwolnienia przewozu materiałów niebezpiecznych z przepisów RID pod warunkiem spełnienia przepisów odnośnie ich pakowania, szczegółowo ilości i sposób

pakowania dla wielu materiałów podany jest w katalogu (tabela 1 - kolumna (7) – ograniczone ilości LQ).

3. STATYSTYKA AWARII W TRANSPORCIE KOLEJOWYM Z UDZIAŁEM MATERIAŁÓW NIEBEZPIECZNYCH

Transport kolejowy w opinii transportowców uchodzi za najbardziej bezpieczny. Składają się na to zaostrzone przepisy oraz wdrożenie w 2003 roku przez PKP certyfikatu jakości ISO 9001 na przewozy materiałów niebezpiecznych. W Polsce substancje niebezpieczne produkuje kilkadziesiąt fabryk. Stwarzają one określone zagrożenia lokalne, natomiast transport tych substancji stwarza zagrożenia na terenie całej sieci kolejowej. Na szczęście do katastrof dochodzi bardzo rzadko – raz na kilka lat. Przyczyną tego rodzaju zdarzeń mogą być akty terrorystyczne jak również plaga wandalizmu i kradzieży. Z uwagi na powyższe zagrożenia szczególnego znaczenia nabierają przewozy ładunków niebezpiecznych związane z przejazdami: przez mosty i tunele, przez obszary zamieszkałe lub wrażliwe ekologicznie, przez centra gospodarcze lub obszary przemysłowe itp.

Bezpieczeństwo transportu kolejowego jest ściśle uzależnione od:

- stanu technicznego i niezawodności infrastruktury (w tym szczególnie urządzeń sterowania i sygnalizacji)
- stanu technicznego taboru (lokomotywy i wagonów)
- procedur regulujących przewozy (w tym szczególnie ładunków z grupy ładunków niebezpiecznych)
- fachowości i umiejętności personelu
- skuteczności działania służb ochrony kolei.

W odróżnieniu natomiast od transportu samochodowego bezpieczeństwo transportu kolejowego jest w znacznie mniejszym stopniu zależne od:

- wpływu pogody
- intensywności użytkowania arterii komunikacyjnych
- zachowań innych użytkowników dróg.

Na podstawie długoletnich obserwacji kolejowych przewozów ładunków niebezpiecznych należy zauważyć, że występowanie poważnych wypadków (katastrof) jest odosobnione. Częściej natomiast występują awarie polegające na wyciekach kropelkowych lub na ulatnianiu się gazów.

Statystykę awarii na liniach kolejowych w Polsce z udziałem ładunków niebezpiecznych zestawiono w tabeli 1.

Liczba awarii z udziałem ładunków niebezpiecznych ciągle maleje, co świadczy o zdecydowanej poprawie bezpieczeństwa. Ciekawym wskaźnikiem jest współczynnik awaryjności (tabela 1 – ostatnia kolumna), który wskazuje, że awaryjność zmalała na przestrzeni 10 lat przeszło 4 krotnie.

Najczęstszą przyczyną wypadków i awarii jest zły stan techniczny osprzętu wagonów-cystern, zwłaszcza starszej budowy i długo eksploatowanych oraz niewłaściwa obsługa i nieprzestrzeżenie procedur ekspedycyjnych, co zdecydowanie obciąża winą za ich spowodowanie klientów, nadawców lub użytkowników wagonów cystern. Odpowiedzialność za awarie ponoszą przede wszystkim nadawcy przesyłek, również zagraniczni, zaś miejscem powstawania zaniedbań są bocznicie nadawców i punkty zdawczo-odbiorcze w momencie przyjmowania przesyłek do przewozu, gdyż właśnie u nadawców, przy załadunku towarów, miały miejsce przypadki niewłaściwego zabezpieczenia przesyłek, w wyniku których w trakcie przewozu najczęściej dochodziło do wycieków, ulatniania, czy wyparowywania niebezpiecznych substancji.

Wśród towarów niebezpiecznych dominujące znaczenie mają przewozy ładunków w cysternach. W 2010 roku dominowały przewozy ładunków kl.3 – 66%, kl. 2 – 12%, kl. 8 10% w sumie około 88% stanowiły ładunki ciekłe.

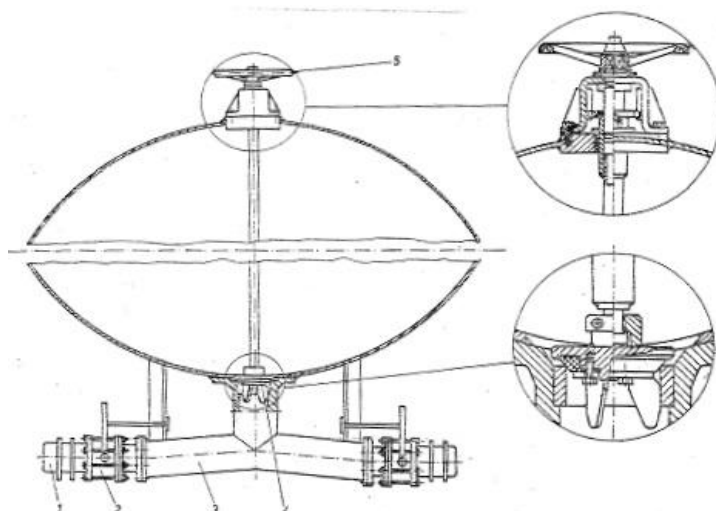
Tab. 1. Wypadki i awarie przy przewozie materiałów niebezpiecznych w latach 2001-2010 (źródło: Kolanowski J., Urząd Transportu Kolejowego Oddział Terenowy w Poznaniu)

Lp.	Rok	Wielkość przewozów (w tys. ton)	Liczba wypadków i awarii	Współczynnik awaryjności (liczba wypadków, awarii / mln ton)
1.	2001	15 400	63	4,09
2.	2002	14 700	47	3,20
3.	2003	17 400	46	2,64
4.	2004	20 000	42	2,10
5.	2005	19 300	37	1,92
6.	2006	19 675	33	1,68
7.	2007	22 575	35	1,55
8.	2008	19 425	29	1,50
9.	2009	19 816	21	1,02
10	2010	24 537	23	0,94

4. CYSTERNY JAKO NAJCZĘSTSZY ŚRODEK TRANSPORTU MATERIAŁÓW NIEBEZPIECZNYCH

Najczęściej do transportu materiałów niebezpiecznych wykorzystywane są wagony cysterny. Cysterny mogą występować jako: wagony ze stałą ramą, odejmowalne (nadwozia wymienne typu WAS lub Kombilifter, w zabudowie kontenerowej), cysterny samonośne.

Schemat typowego układu spustowego cysterny przedstawia rysunku 1.



Urządzenie spustowe

- 1- króciec,
- 2 - zawór kulowy,
- 3 - trójkąt,
- 4 - grzybek zaworu spustowego,
- 5 - napęd zaworu spustowego

Rys.1. Schemat urządzeń spustowych cysterny kolejowej

Najczęstszą przyczyną nieszczelności cystern są awarie i usterki armatury a w szczególności, uszkodzenia uszczelki w układzie spustowym, niedomknięcie zaworów spustowych, nie dokręcenie króca. W przypadku poważniejszych awarii z udziałem materiałów niebezpiecznych: wypadków lub katastrof spowodowanych wykojeniem, uderzeniem w przeszkodę na torze lub w inną grupę

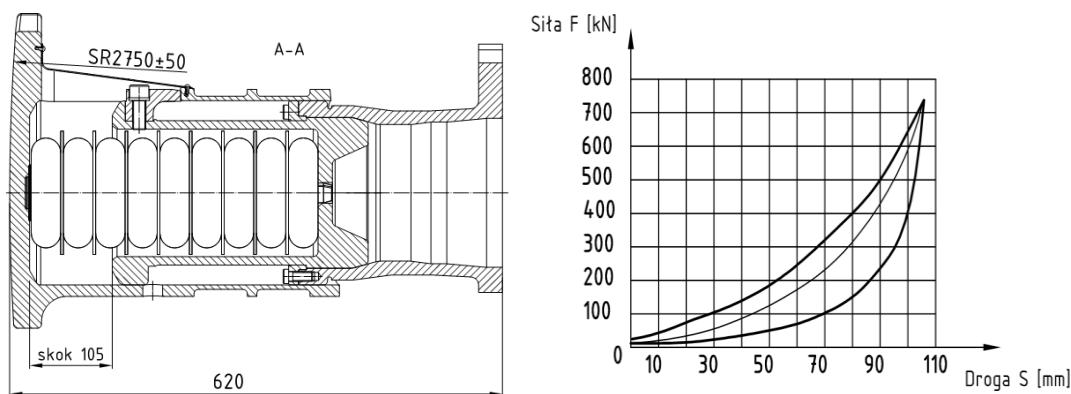
wagonów o bezpieczeństwie i skutkach decydować mogą urządzenia pochłaniające energię uderzenia – zderzaki.

5. ZDERZAKI WAGONÓW JAKO ELEMENT BEZPIECZEŃSTWA WAGONU

Zgodnie z regulacjami RID- 2011, nowo budowane wagony przeznaczone do transportu określonych grup materiałów niebezpiecznych, muszą być wyposażone w zderzaki typu Crash o możliwości przejmowania energii min. 400 kJ/szt. Wagony już eksploatowane, przeznaczone do transportu materiałów niebezpiecznych musiały zostać wyposażone do końca 2012 roku w zderzaki Crash o zdolności przejmowania energii min. 250 kJ/szt. Postanowienia te są zgodne z dyrektywą 2008/57/WE w sprawie interoperacyjności systemu kolei we Wspólnocie. Tak duże energie rozpraszane przez zderzaki gwarantują wyższe bezpieczeństwo przewozu. Od lat stosowanym rozwiązaniem w zakresie zwiększonych energii rozpraszania są wagony wyposażone w tzw. belki pływające. Rozwiązanie tego typu charakteryzuje się dodatkowym skokiem belki podłużnej połączonej z czołownicą zwanej belką pływającą dochodzącym do 760 mm. Tak więc wagon przy uderzeniu w przeszkodę miał możliwość rozproszenia energii uderzenia na drodze (105 + 760) mm. Tego rodzaju wagony były szczególnie predysponowane do przewozu kontenerów. Rozwiązanie to spotykane jest również w wagonach cysternach do przewozu materiałów niebezpiecznych.

Ciekawymi konstrukcjami są zderzaki typu Crash, które w swojej konstrukcji zawierają zarówno klasyczny zderzak pracujący ciągle oraz zderzak katastroficzny jednorazowego użytku o zwiększonej zdolności do rozpraszania energii. Przykładem tego rodzaju konstrukcji są zderzaki typu Cash IP 250 AX – zalecane do stosowania w wagonach już eksploatowanych oraz zderzaki typu Crash KX-ZK 1 (Kat.C), zalecane do wagonów nowo budowanych.

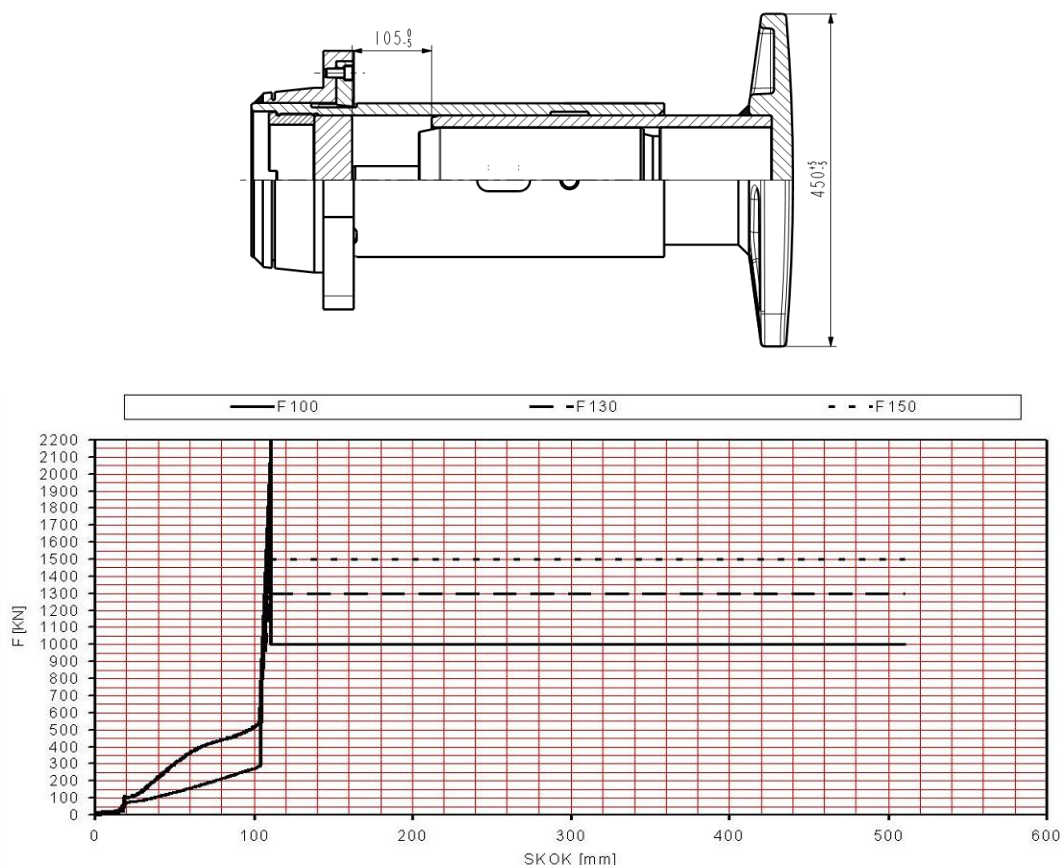
Zderzak IP 250 AX jest wyposażony w zestaw amortyzatorów spełniający wymagania kat. A oraz moduł Crash, którego zasada działania opiera się na rozciąganiu przez tłok tulei zderzaka. Dzięki tej unikatowej konstrukcji, obszar sprężysty zderzaków, nawet po kolizji jest zdolny do pracy. Skok zderzaka wynosi 105 mm a w stanach katastroficznych dodatkowo około 170 mm, siła wstępna wynosi dla modułu podatnego 20 kN a dla modułu typu Crash 1500 kN. Siła końcowa odpowiednio 700 kN i 1600 kN. Zderzak posiada zdolność rozpraszania energii minimum > 250 kJ/szt. (rysunek 2)



Rys. 2. Zderzak typu IP 250 AX, zalecany zgodnie z RID do stosowania w wagonach eksploatowanych wykorzystywanych do przewozu niektórych materiałów niebezpiecznych. Źródło: www.axtone.com [11]

Kolejna konstrukcja to zderzak typu KX-ZK1 (rysunek 3) wyposażony jest w zestaw amortyzatorów sprężystych spełniający wymagania zderzaków kat. C oraz moduł typu Crash, którego zasada działania opiera się na deformacji plastycznej strugi metalu wykrawanego z zewnętrznej powierzchni korpusu zderzaka. Poprzez zwiększenie wykrawanego przekroju wióra istnieje możliwość podniesienia ilości pochłanianej energii w zależności od potrzeb zamawiającego. Sumaryczny przekrój wióra zależy od ilości ostrzy skrawających. Masa zderzaka jest porównywalna do masy typowego zderzaka kat. C. Siła wyzwalamąca proces skrawania wynosi 2000 kN natomiast siła deformacji wióra podczas skrawania 1300 kN, wówczas energia rozpraszana przez zderzak

wynosi minimum 520 kJ/szt i zależy od parametrów wióra. Przedstawiona charakterystyka zderzaka przedstawia trzy charakterystyki przy sile skrawania 1000 kN, 1300 kN oraz 1500 kN. Skok zderzaka przy skrawaniu wióra wynosi ok. 510 mm. Stała siła zderzaka podczas jego pracy decyduje o stałym opóźnieniu hamowania. Zderzaki o tak wysokich zdolnościach do rozpraszania energii są w stanie ograniczyć straty w postaci uszkodzenia wagonów nawet przy zderzeniu czołowym pociągu jadącego z umiarkowaną prędkością eksploatacyjną. Kształt charakterystyki gwarantuje współczynnik rozproszenia energii na poziomie prawie 100 %. Podobnej konstrukcji zderzaki stosowane w lokomotywach rozpraszają energię rzędu 1300 kJ/szt.



Rys. 3. Zderzak typu Crash KX-ZK1 kat C, zalecany do stosowania w nowo produkowanych wagonach do przewozu niektórych materiałów niebezpiecznych. Źródło: www.axtone.com [11]

Przedstawione wyżej zderzaki spełniają wymagania normy EN 15551 i kart UIC 526-1, UIC 573 są zgodne z regulacjami RID w zakresie przewozów materiałów niebezpiecznych. Posiadają świadectwa dopuszczeń europejskich agend bezpieczeństwa w ruchu kolejowym: TSI oraz EBA.

6. KONCEPCJA METODY IDENTYFIKACJI ZAGROŻEŃ W TRANSPORCIE KOLEJOWYM MATERIAŁÓW NIEBEZPIECZNYCH

Przedstawione powyżej analizy i przykłady wpływu rozwiązań technicznych na bezpieczeństwo wskazują na potrzebę opracowania metod przewidywania i przeciwdziałania sytuacjom, które mogą powodować straty w infrastrukturze technicznej, transportowanych towarach, czy wreszcie dla ludzi, a w tym dla personelu transportu kolejowego jak i dla osób postronnych. Zdarzenia niebezpieczne związane z transportem kolejowym są określane w przepisach kolejowych jako incydenty, wypadki i katastrofy. Wypadki obejmują: zderzenia, najechania, wykolejenia lub starcia pojazdów kolejowych, a także kolizje z pojazdami drogowymi [14]. Incydenty odnoszą się do wszystkich innych zdarzeń związanych z bezpieczeństwem ruchu pojazdu kolejowego. Katastrofy dotyczą wypadków o znacznych stratach zarówno w odniesieniu do ludzi jak i do strat materialnych (ofiary śmiertelne, straty materialne powyżej 50 000 €). W rzeczywistych warunkach eksploatacji systemów

technicznych zachodzi powszechnie przyjmowany liniowy związek między logarytmem częstości zdarzeń niepożądanych f , a logarytmem strat powodowanych przez te zdarzenia (liczba ofiar N):

$$\log(f) = a + b \log(N) \quad (1)$$

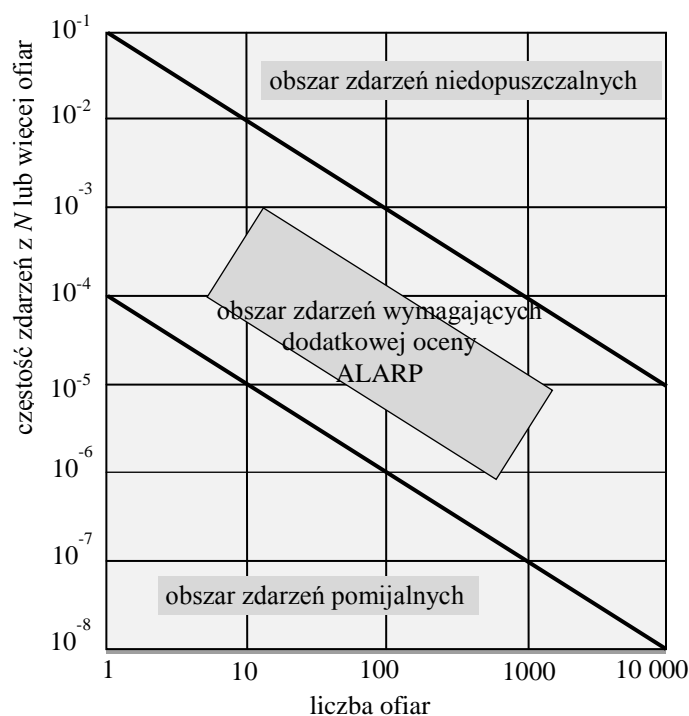
gdzie: a, b – stałe [12] lub inaczej:

$$f * N^c = k \quad (2)$$

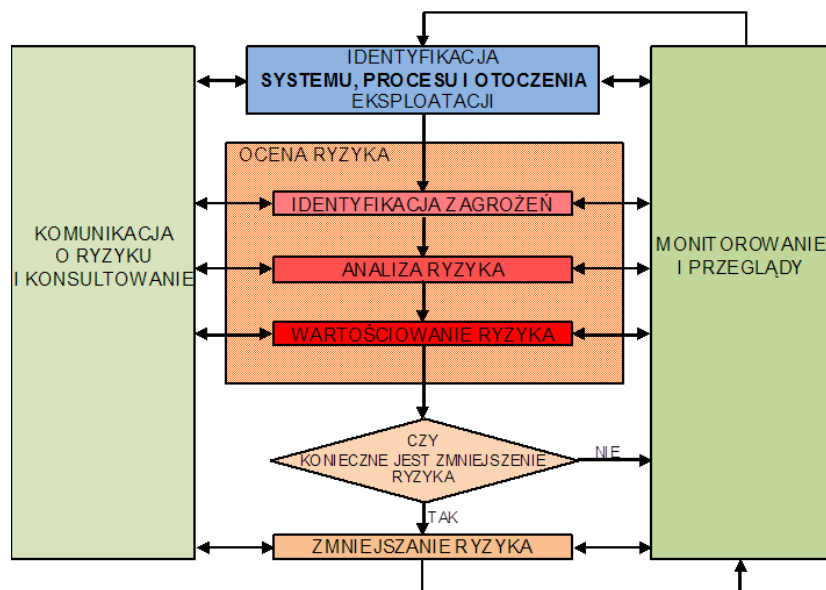
gdzie: c – wskaźnik tolerancji, zwykle: $c=1$ lub 2 ,
 k – stała [13].

Związek ten oznacza, że często występujące zdarzenia powodują małe straty, natomiast duże, katastrofalne straty są zwykle zdarzeniami rzadkimi (rysunek 4).

Szczególne znaczenie w utrzymaniu bezpieczeństwa w eksploatacji transportu kolejowego odgrywa analiza i ocena ryzyka polegająca na określeniu ryzyka zdarzenia niepożądanego i umiejscowieniu wartości ryzyka odpowiadającego temu zdarzeniu na wykresie F-N. Analiza i ocena ryzyka odbywa się zgodnie z algorytmem postępowania zalecanym przez [15], w którym naczelną rolę odgrywa jeden z najtrudniejszych kroków, tj. identyfikacja zagrożeń (rysunek 5). Zagrożenia można rozumieć jako stany systemu posiadające potencjalne możliwości powstania strat. Często poszukuje się zagrożeń w działaniach człowieka oraz jako energii zgromadzonej w obiektach technicznych (energia mechaniczna, elektryczna, chemiczna, promieniotwórcza, itp.). W przypadku materiałów niebezpiecznych obserwuje się dodatkowym zagrożeniem jest energia zgromadzona w takim materiale, której uwolnienie skutkować może: wybuchem, pożarem, wysoką temperaturą, skażeniem ziemi, wody lub powietrza, zatruciami, poparzeniami cieplnymi lub chemicznymi, promieniowaniem elektromagnetycznym, itp. Szczegółowa rozpoznanie i analiza wszystkich elementów biorących udział w procesie transportu materiałów niebezpiecznych jest podstawą identyfikacji zagrożeń. W tym celu proponuje się przyjęcie klasyfikacji obiektów na aktywne i pasywne w aspekcie bezpieczeństwa.



Rys. 4. Wykres akceptowalności ryzyka F-N



Rys. 5. Algorytm zarządzania ryzykiem [15]

Obiekty aktywne, to takie obiekty, które mogą stanowić zagrożenie w procesie transportu. Ich uszkodzenie, rozumiane jako przekroczenie stanów poprawnej pracy, może wywołać ciąg zdarzeń, których końcowym skutkiem są straty w ludziach, materialnych obiektach technicznych lub otoczeniu systemu transportowego, a w tym w środowisku naturalnym. Obiekty pasywne, to wszystkie te obiekty, które mogą potencjalnie być narażone na zdarzenia niepożądane wywołane przez obiekty aktywne. Taka klasyfikacja obiektów pozwala na utworzenie macierzy atrybutów zidentyfikowanych obiektów biorących udział w procesie transportu i indywidualne rozważenie niekorzystnego wpływu „uszkodzenia” parametrów obiektów aktywnych na parametry obiektów pasywnych.

W ogólności metoda polega na zidentyfikowaniu jak największej liczby obiektów z podaniem ich miejsca w transporcie i funkcji. Wskazane jest wskazanie najważniejszych parametrów charakteryzujących udział obiektów w procesie transportowym. Jeśli przyjąć, że zidentyfikowano n obiektów z ich parametrami, to można zbudować wektor parametrów systemu transportowego w postaci:

$$WT(t) = [w_{11}(t), \dots, w_{1n_1}(t), w_{21}(t), \dots, w_{2n_2}(t), \dots, w_{n1}(t), \dots, w_{nn}(t)] \quad (3)$$

gdzie: $WT(t)$ – zbiór parametrów systemu transportowego,
 $w_{ij}(t)$ – j – ty parametr i – tego obiektu.

Obiekty mogą być przyczyną wypadków czy katastrof, ale mogą też być obiektami narażonymi, powodującymi straty. Dlatego poszukiwanie zagrożeń przebiega jako sprawdzanie relacji niekorzystnego (zagrożającego) wpływu parametru obiektu aktywnego na inny parametr dowolnego obiektu pasywnego, a nawet na siebie samego:

$$\omega_{ij} = w(ea_i) \rightarrow w(ep_j) \quad (4)$$

Analityczny zapis takich relacji przedstawia macierz:

$$W(EA) \times W(EP) = \begin{bmatrix} \omega_{11} & \dots & \omega_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \omega_{n1} & \dots & \omega_{nn} \end{bmatrix} \quad (5)$$

gdzie: OA , OP – oznaczają odpowiednio obiekty aktywne i pasywne.

Jeśli taka relacja istnieje wówczas można powiedzieć, że dany i – ty aktywny obiekt (parametr) stwarza zagrożenie dla j – tego pasywnego obiektu, a relacji ω_{ij} przypisuje się wartość $v(\omega_{ij}) = 1$. Stąd otrzymuje się macierz zidentyfikowanych zagrożeń w postaci:

$$H(W(EA)) = \{W(EA):v(\omega_{ij}) = 1\}$$

Dalsza procedura postępowania przebiega standardowo wg schematu pokazanego na rysunku 7.

PODSUMOWANIE

W pracy zwrócono uwagę na wszechstronne działania w kierunku zwiększenia bezpieczeństwa przewozu ładunków niebezpiecznych. Problem ten jest dostrzegany prawie od początku funkcjonowania kolei w Europie. Od samego początku próbowano go uregulować na poziomie konwencji międzynarodowych. Działania te wspierają akty prawne krajowe, które doprecyzowują uwarunkowania i rozwiązania lokalne. Prace nad bezpieczeństwem są prowadzone w sposób permanentny. Najważniejszym dokumentem w tej dziedzinie przewozów jest regulamin RID stanowiący załącznik do Umowy CIM, która z kolei wchodzi w skład konwencji COTIF. Zmiany są wprowadzane w cyklu dwu letnim. W rozwoju przepisów można wyróżnić dwa etapy przełomowe, rok 2001 gruntowne przereformowanie przepisów RID i dostosowanie ich do potrzeb użytkowników, stały się bardziej „przyjazne” – zrozumiałe i przejrzyste oraz rok 2009 wejście w życie dyrektywy o transporcie lądowym materiałów niebezpiecznych oraz harmonizacji przepisów gałęziowych w obrębie transportu lądowego (rozumianego jako przewozy drogowe, kolejowe i wodne śródlądowe) ujednoliciła zasady organizacji przewozów w tych trzech gałęziach i czyni je bardziej przejrzystymi.

Kolejne działania to doskonalenie konstrukcji pojazdów pod kątem zwiększenia ich bezpieczeństwa biernego. W przypadku wagonów kolejowych stosowanie zderzaków typ Crash w wagonach obecnie eksploatowanych oraz w nowobudowanych. Poziom wypadków kolejowych z udziałem materiałów niebezpiecznych jest mały ale ze względu na potencjalne skutki tego rodzaju katastrofy należy ciągle doskonalić rozwiązania w zakresie zmniejszenia ryzyka ich wystąpienia

Streszczenie

W pracy omówiono skalę przewozów ładunków niebezpiecznych transportem kolejowym. Omówiono najważniejsze akty prawne regulujące przewozy materiałów niebezpiecznych koleją. Szczególną uwagę zwrócono na środki transportu – głównie wagony cysterny, ich odmiany. Przedstawiono statystyki zdarzeń wycieków substancji niebezpiecznych z cyster na przestrzeni ostatnich 10 lat. Zwrócono uwagę na wymagania stawiane urządzeniom łagodzącym siły wzdłużne działające na przewożone ładunki oraz sposoby ich łagodzenia. Zaproponowano metodę systemowego podejścia do transportu materiałów niebezpiecznych dla pełniejszej identyfikacji zagrożeń. Praca kończy się podsumowaniem, które zwraca uwagę na szerszy kontekst dbałości o bezpieczeństwo transportu kolejowego ładunków niebezpiecznych.

The safety in railway transport of dangerous cargo and materials – the concept of hazard identification

Abstract

The paper discusses the scale of transport of dangerous cargo by rail transport. It describes the most important regulations in transporting dangerous materials by train. Particular attention was paid to the means of transport - mainly tank, wagons and their variety. It presents statistics of dangerous events in railway transportation, such as leakage of dangerous materials in the last 10 years. Attention was drawn to the requirements of equipment responsible for smoothing longitudinal forces acting on the cargo, and ways to mitigate them. Work concludes with a summary, which draws attention to the broader context of concern for the safety of rail transport of dangerous cargo.

BIBLIOGRAFIA

1. ADN – Umowa europejska dotycząca międzynarodowego przewozu śródlądowymi drogami wodnymi towarów niebezpiecznych (ADN) Dz. U. nr. 235 , poz. 1537, z dnia 13 grudnia 2010 r.
2. ADR – Umowa Europejska dotycząca międzynarodowego przewozu drogowego towarów niebezpiecznych. Sporządzona 30 września 1957 r. w Genewie. Dz. U. nr 27, poz. 162 z 19 lutego 2009 r.
3. CIM – Przepisy ujednolicone o Umowie o międzynarodowego przewozu towarów kolejami z 14 października 1890 r wg. stanu na 1 listopada 1996 r. Dz. U. z 1997 r, nr 37, poz. 225
4. COTIF – Konwencja o międzynarodowym przewozie kolejami z 9 maja 1980 r. 1 stycznia 2007 Dz. U. z 1985 r Nr 34 poz. 158,159 ze zmianami.
5. Przepisy ICAO (Organizacja Międzynarodowego Lotnictwa Cywilnego) – DGR- przepisy o lotniczym transporcie ładunków niebezpiecznych
6. Kodeks IMDG - Międzynarodowy morski kodeks towarów niebezpiecznych (Obwieszczenie Ministra Infrastruktury z dnia 4 listopada 2002 r. w sprawie niektórych przepisów do Międzynarodowej konwencji o bezpieczeństwie życia na morzu, sporządzonej w Londynie dnia 1 listopada 1974 r., wraz z Protokołem, sporządzonym w Londynie dnia 17 lutego 1978 r. (Dz. Urz. Min. Infr. z 2002 r. Nr 11, poz. 47);
7. RID Regulamin dla międzynarodowego przewozu kolejami towarów niebezpiecznych. Aneks I do Załącznika B Umowy CIM wchodzącej w skład Konwencji COTIF. Wersja obowiązująca od 1 stycznia 2004 . Wyd. PKP Cargo S.A. Warszawa 2007
8. SMGS- Umowa o międzynarodowej kolejowej komunikacji towarowej, Załącznik 2 – Przepisy o przewozie towarów niebezpiecznych (Dz. U. MTiGM z 1998 r. Nr 1, poz. 2 z późniejszymi zmianami – wersja obowiązująca od 1 lipca 2005 r.) PKP Cargo Warszawa 2005
9. The Model regulations and United Nations Recommendations on the Transport of Dangerous Goods (Zalecenia oraz modelowe przepisy ONZ w zakresie transportu materiałów niebezpiecznych) - ONZ pub. ST/SG/AC 10/11/Rev.3)
10. Wytyczne postępowania przy przewozie koleją towarów niebezpiecznych”, załącznik do zarządzenia Nr 7 Zarządu PKP S.A, z dnia 19.03. 2001 r. (Biuletyn PKP „A” Nr 3, poz. 7)
11. www. axtone. – Program produkcji
12. Andrew W.E., Transport fatal accidents and FN-curves: 1967-2001. RESEARCH REPORT 073. University College London for the Health and Safety Executive. HSE Books, London, 2003.
13. Ball D.J., Flyd P.J. Societal risk. Final Report. www.rpa -
. 2013.
14. Instrukcja o postępowaniu w sprawach wypadków i incydentów kolejowych. Ir-8 (R-3). PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. Warszawa, 2006.
15. Risk management — Principles and guidelines on implementation. ISO 31000, 2009.