

## Możliwości wykorzystania techniki bimodalnej w transporcie paliw płynnych

*W artykule zaprezentowano zastosowanie techniki bimodalnej do transportu paliw płynnych. Omówiono pojęcie materiałów niebezpiecznych. Opisano tabor bimodalny zarówno adapterowy jak i bezadapterowy oraz podano kierunki dalszego doskonalenia bimodalnej techniki taborowej.*

### 1. Wstęp

Technika przewozów bimodalnych, jako jedna z podsystemów transportu kombinowanego kolejowo-drogowego, została zainicjowana i rozwinięta w Stanach Zjednoczonych Ameryki, gdzie szybko doceniono korzystne cechy tego systemu transportowego.

Zasadnicze zalety transportu bimodalnego na tle innych systemów transportu kombinowanego to: wyeliminowanie masy martwej w postaci ramy nośnej wagonu, zmniejszenie odległości między jednostkami ładunkowymi w pociągu bimodalnym oraz łatwy **przeładunek poziomy** jednostek ładunkowych z taboru kolejowego na drogowy i odwrotnie. Przeładunku jednostek ładunkowych dokonuje się na prostym terminalu, bez mechanicznych urządzeń przeładunkowych, używanych na istniejących terminalach przystosowanych do przeładunku pionowego.

Obszerne omówienie bimodalnej techniki transportu kombinowanego podano w pracy [1].

Technika bimodalna może mieć efektywne i ekonomicznie uzasadnione zastosowanie do przewozu materiałów niebezpiecznych, głównie paliw płynnych, gdzie transportowane paliwo jest dostarczane od producenta do klienta taborom kolejowym i drogowym bez konieczności przepompowania paliwa przy zmianie środka transportu z kolejowego na drogowy i odwrotnie.

W artykule zaprezentowano bardziej szczegółowo jedno z możliwych zastosowań techniki bimodalnej a mianowicie do dystrybucji paliw płynnych.

### 2. Określenie materiałów niebezpiecznych

Pod pojęciem "materiały niebezpieczne" określa się takie materiały lub towary, które zagrażają lub w pewnych warunkach mogą zagrazić życiu lub zdrowiu ludzi i zwierząt, mogą skazić środowisko naturalne i otoczenie człowieka oraz mogą stanowić lub wywołać zagrożenie dla bezpieczeństwa publicznego.

Zwłaszcza transport materiałów niebezpiecznych musi być bezpieczny tak, aby podczas jazdy, przeładunku i postoju maksymalnie ograniczyć niebezpieczeństwo i jego skutki w przypadku katastrofy. W transporcie kolejowym należy dodatkowo uwzględnić to, że podczas ruszania pociągiem i hamowania, zwłaszcza nagle, następuje duże przyspieszenie (lub opóźnienie) i siła wzdłużna, co może spowodować wybuch, wyciek lub pożar materiałów niebezpiecznych.

Z powyższych względów konieczne jest maksymalne zabezpieczenie przewożonych materiałów niebezpiecznych, aby

zminimalizować skutki ewentualnych katastrof.

Polska jest państwem członkowskim "Konwencji o Międzynarodowym Przewozie Kolejami" (COTIF) i jest zobowiązana do przestrzegania wszystkich przepisów, wydawanych przez tę konwencję. Zasady i warunki przewozu kolejami towarów niebezpiecznych określa "Regulamin dla międzynarodowego przewozu kolejami towarów niebezpiecznych", RID ("Reglement concernant le transport International ferroviaire des marchandises Dangereuses") [4].

Regulamin RID stanowi obszerny zbiór przepisów regulujących całość spraw przewozu kolejami towarów niebezpiecznych wraz ze szczegółowym wykazem i klasyfikacją tych towarów (m. in. zawiera klasyfikację materiałów niebezpiecznych, podzielonych na 9 klas).

Transport kolejami towarów niebezpiecznych wymaga odpowiedniego, dla danej klasy materiału, przygotowania wagonów towarowych. Dotyczy to głównie wagonów cystem, cystem odejmowalnych, kontenerów - cystem i cystem typu nadwozie wymienne oraz wagonów - platform do przewozu dużych pojemników i kontenerów.

W regulaminie RID podane są wymagania dotyczące budowy i badań oraz przepisy dotyczące projektowania, wykonania i badań poszczególnych elementów wagonów (np. zbiorników cystem). Regulamin RID zezwala na przewóz materiałów niebezpiecznych kombinowany kolejowo-drogowy, jednak przy takim przewozie pojazdy drogowe powinny odpowiadać przepisom ADR ("Umowa europejska dotycząca międzynarodowego przewozu drogowego towarów niebezpiecznych").

Wymagania i przepisy RID muszą być uwzględnione również przy projektowaniu i badaniach taboru bimodalnego. Specyfika techniki bimodalnej w transporcie materiałów niebezpiecznych nie znalazła do tej pory właściwego odzwierciedlenia w przepisach międzynarodowych [5] i sytuacja taka wymaga poprawy.

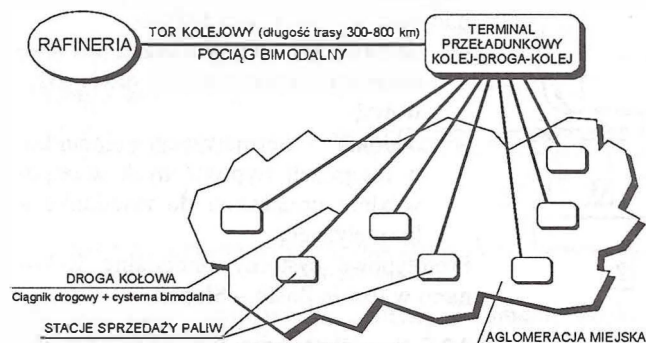
### 3. Dystrybucja paliw płynnych z wykorzystaniem techniki bimodalnej

Dotychczas stosowana technologia dostarczania paliwa do stacji sprzedających paliwo użytkownikom pojazdów samochodowych wymaga kilkukrotnego przepompowania paliwa w czasie transportu z rafinerii do stacji paliwowych. W przypadku transportu paliwa cystemami kolejowymi, cysterne napełniane są w rafinerii, a następnie dostarczane do magazynu paliw, gdzie paliwo z cystem kolejowych jest przepompo-

wane do zbiorników magazynowych a następnie jest przepompowane do cystern drogowych i dostarczane do stacji paliwowych, gdzie kolejny raz jest przeładowane ze zbiorników cystern do zbiorników stacji.

Przy zastosowaniu tej technologii transportu paliw, jest ono niepotrzebnie dwukrotnie przeładowywane. Przy każdorazowym przeładowaniu paliwa występują określone jego straty, a operacja przepompowywania paliwa wymaga zachowania szczególnych warunków bezpieczeństwa.

Wykorzystując technikę bimodalną można zastosować inną technologię transportu paliw, przy której eliminuje się potrzebę dwukrotnego przepompowania paliwa. Proponowana koncepcja przewozu paliw polega na wykorzystaniu pociągu bimodalnego, złożonego z bimodalnych cystern. W uformowanym pociągu można przewozić do 50 cystern bimodalnych.



Rys.1 Schemat operacyjny dystrybucji paliw płynnych przy zastosowaniu bimodalnej techniki transportowej

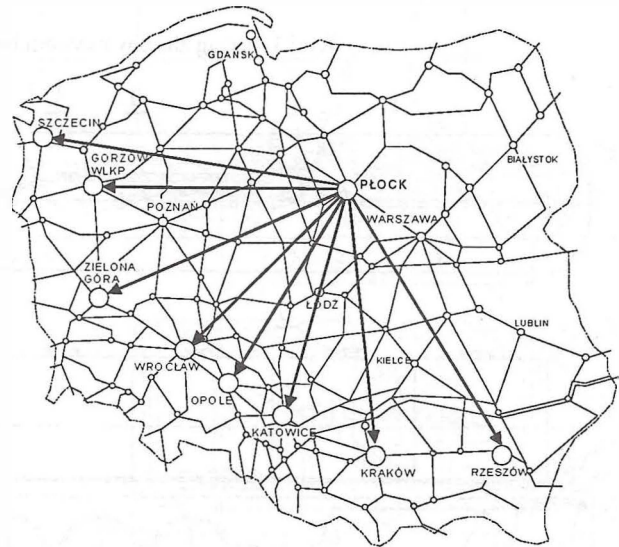
Proces dostarczania paliwa od dostawcy do odbiorcy (od drzwi do drzwi) przedstawiony jest schematycznie na rys. 1 i przebiega w następujący sposób:

- załadunek paliwa w rafinerii do zbiorników cystern w uformowanym pociągu bimodalnym,
- transport paliwa torami kolejowymi z rafinerii do terminalu usytuowanego na obrzeżu aglomeracji miejskiej; odległość rafinerii od aglomeracji miejskiej powinna w warunkach Polski wynosić minimum 300 km.
- przeładunek cystern bimodalnych z wózków kolejowych na ciągniki drogowe (rozformowanie pociągu bimodalnego),
- transport paliwa drogą kołową do stacji sprzedaży paliw. Odległość terminalu przeładunkowego od stacji powinna wynosić maksymalnie 80 km,
- przeładowanie paliwa z cysterny bimodalnej do zbiorników stacji sprzedaży paliw.
- powrót drogą kołową pustych cystern bimodalnych na terminal przeładunkowy (w ciągu jednego dnia),
- załadunek pustych cystern bimodalnych na wózki kolejowe (uformowanie pociągu bimodalnego),
- transport pustych cystern torami kolejowymi do rafinerii.

Przy tak zorganizowanej technologii transportu paliw można w ciągu 24 godzin obsłużyć dużą aglomerację miejską przy cyklu transportowym dostawca-odbiorca-dostawca.

Główne polskie rafinerie paliw są zlokalizowane w północnej części Polski (Rafineria Gdańsk i Płock). Zakładając, że paliwo jest dostarczane z Płocka w kierunku południowym i

zachodnim, w promieniu powyżej 300 km można zlokalizować następujące duże aglomeracje miejskie: Szczecin, Gorzów Wlkp., Wrocław, Opole, Katowice, Kraków, Rzeszów, Zielona Góra. (rys.2) do których dostarczanie paliwa przy wykorzystaniu taboru bimodalnego byłoby opłacalne.



Rys.2 Ekonomicznie uzasadnione kierunki dostaw paliw z Rafinerii Płock taborem bimodalnym

Efektywność zastosowania tej techniki transportowej wzrasta, jeśli do wymienionych miast dostarcza się paliwa z Rafinerii Gdańsk.

Obowiązujące przepisy zawarte w Karcie UIC 597 [2] dopuszczają do eksploatacji całopociągowe składy bimodalne złożone z maksymalnej ilości 50 naczep bimodalnych.

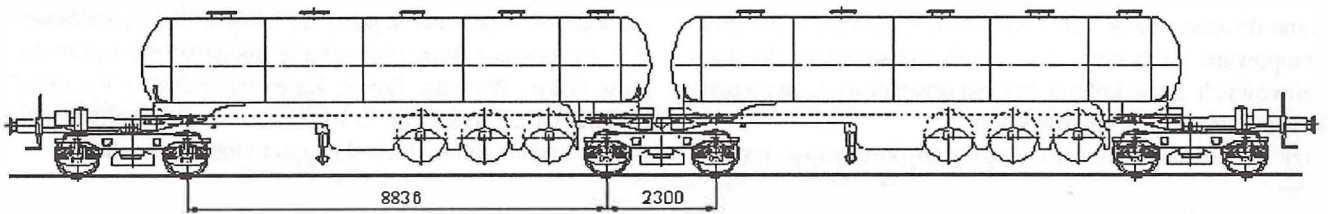
W celu uelastyczenia i poprawy efektywności wykorzystania przewozów bimodalnych na europejskiej sieci kolejowej spedytorzy europejscy, wykorzystujący technikę bimodalną, wystąpili do UIC z propozycją zmiany przepisów Karty UIC 597, w celu uzyskania zezwolenia na dołączenie kilku bimodalnych jednostek ładunkowych do tradycyjnego pociągu towarowego. Wydanie zgody kompetentnych organów UIC na taką eksploatację taboru bimodalnego przyczyniłoby się do intensyfikacji i szybszego rozwoju tej techniki przewozów kombinowanych.

#### 4. Tabor bimodalny do transportu paliw płynnych

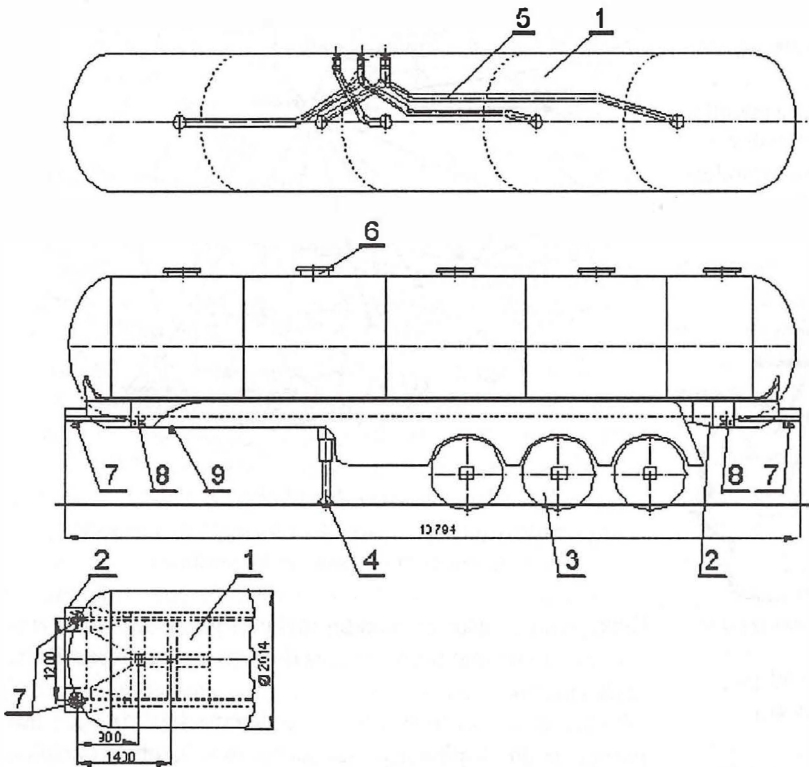
##### 4.1. Adapterowy tabor bimodalny

W Instytucie Pojazdów Szynowych w Poznaniu w latach 1990÷1993 opracowano dokumentację konstrukcyjną polskiego adapterowego taboru bimodalnego, którego prototyp złożony z bimodalnej cysterny paliwowej, cysterny gazowej oraz bimodalnej naczepy skrzyniowej przeszedł wszystkie wymagane badania i uzyskał dopuszczenie do ruchu na torach PKP, nadane przez Główny Inspektorat Kolejowy.

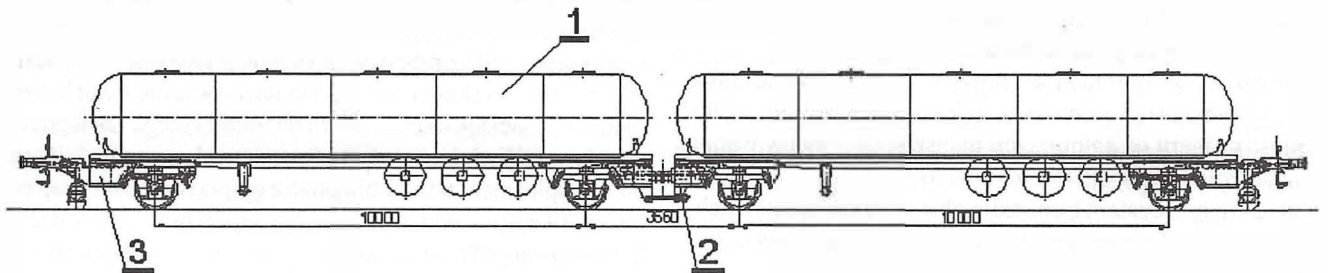
Polski adapterowy tabor bimodalny jest przystosowany do prędkości ruchu 160 km/h przy nacisku zestawu kołowego na tor 18t, oraz 120 km/h przy nacisku 22,5t. Polskie rozwiązania konstrukcyjne wózków bimodalnych, adapterów oraz skrzyniowej naczepy bimodalnej opisano szczegółowo w pracy [3]. Rozwiązania konstrukcyjne zespołów pociągu



Rys. 3. Pociąg złożony z cystern bimodalnych na wózkach adapterowych



Rys. 4 Paliwowa cysterna bimodalna dla systemu adapterowego



Rys. 5 Bezadapterowy pociąg bimodalny złożony z cystern paliwowych

bimodalnego uzyskały ochronę europejskim patentem nr EP 0762965.

Adapterowy pociąg bimodalny złożony z cystern, pokazano na rys. 3, a cysternę na rys. 4.

Bimodalna cysterna paliwowa dla systemu adapterowego składa się ze zbiornika 1, ramy 2, drogowego układu jezdnego 3, nogi podporowej 4 oraz armatury paliwowej 5. Zbiornik cysterny o pojemności 32,5 m<sup>3</sup> podzielono na pięć komór o pojemności 6,5 m<sup>3</sup>. Każda komora jest zamknięta od góry włazem 6, a w dolnej części do każdej komory doprowadzony jest rurociąg armatury paliwowej 5.

Zbiornik 1 jest oparty i zamocowany na ramie 2, która na obu końcach jest wyposażona w dwa siodła z czopami kolejowymi 7 oraz otwór 8 do oparcia i połączenia cysterny

na adapterach wózka kolejowego. W przedniej części ramy, za siodłami i czopami kolejowymi, jest siodło pod ciągnik drogowy z czopem drogowym 9. Do ramy 2 są przyspawane odpowiednie wsporniki, do których jest zamocowany drogowy układ jezdnego 3.

Napełnianie zbiornika cysterny może odbywać się dwiema metodami:

- odgórne, grawitacyjne przez pokrywę włazową wyposażoną w otwór wlewowy,
- oddolne, z hermetyzacją załadunku, w miejscach wyposażonych w odpowiednie urządzenia do załadunku z hermetyzacją.

Prototypowe cysterny bimodalne wykonano w firmie Zasta – Słupsk.

#### 4.2. Bezadapterowy tabor bimodalny

W Instytucie Pojazdów Szynowych w Poznaniu opracowano w 2002 roku szereg koncepcji bezadapterowego taboru bimodalnego przystosowanego do prędkości maksymalnej 120 km/h przy nacisku na oś zestawu kołowego 22,5 t.

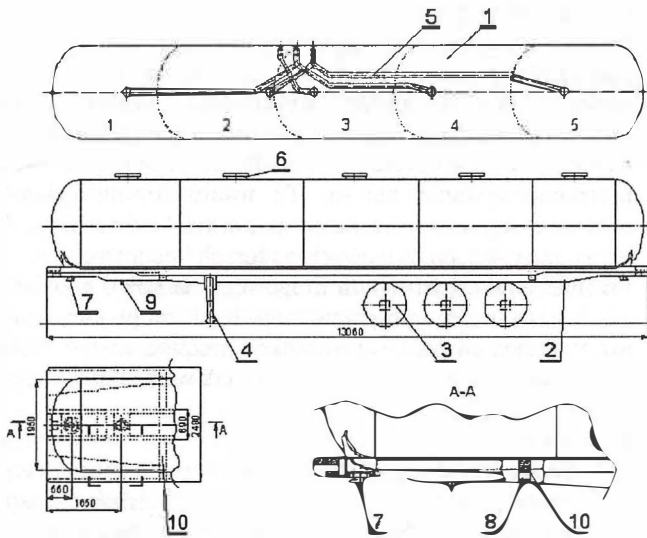
System bezadapterowy polega na bezpośrednim oparciu naczepy bimodalnej na ramie wózka kolejowego, bez stosowania adapterów. Rozwiązanie takie daje szereg korzyści. Przede wszystkim upraszcza konstrukcję układu biegowego, a dzięki zmniejszeniu odległości punktów podparcia naczepy na wózkach kolejowych zmniejsza się strzałka ugięcia ramy naczepy, co ma szczególne znaczenie przy zastosowaniu naczep bimodalnych skrzyniowych.

Na rys. 5 pokazano jedną z analizowanych koncepcji - bimodalne cysterny paliwowe posadowione na bezadapterowych wózkach kolejowych.

Prezentowany pociąg bimodalny składa się z bimodalnej cysterny 1, wózka środkowego 2 oraz jednoosiowego wózka końcowego 3.

#### 4.2.1. Bimodalna cysterna paliwowa

Bimodalna cysterna paliwowa dla systemu bezadapterowego (rys.6) jest konstrukcyjnie podobna do opisanej wcześniej cysterny przeznaczonej dla systemu adapterowego. Zasadniczą różnicą widoczną jest w rozwiązaniu konstrukcji końców ramy 2, której kształt i wyposażenie dostosowano do oparcia i zamocowania ramy cysterny na ramach półwózków wózka środkowego oraz wózka końcowego.



Rys.5 Bezadapterowy pociąg bimodalny złożony z cysternami paliwowymi

Do połączenia ramy wózka cysterny z ramami wózków kolejowych służą: czop kolejowy 7 usytuowany w osi wzdłużnej ramy cysterny oraz dwa otwory 8 wykonane w belce poprzecznej 10, umieszczonej w ramie cysterny w odpowiedniej odległości od czopa kolejowego.

#### 4.2.2. Bezadapterowe wózki kolejowe

Bezadapterowy wózek środkowy (rys.7) składa się z dwóch jednoosiowych półwózków 1 połączonych urządzeniem pociągowo-zderznym 2. Każdy z półwózków jest złożony z ramy 3, zestawu kołowego 4, usprężynowania i prowadzenia zestawu kołowego 5, siodeł z urządzeniem ryglującym 6, siodeł podpierających 7 i czopów zabezpieczających 8. Cysterna bimodalna opiera się na ramie każdego półwózka w trzech punktach: na siodle 6, w którego wycięciu mieści się czop kolejowy 9 cysterny, oraz na dwóch siodłach podpierających 7.

Czopy zabezpieczające 8 wchodzi w otwory wykonane w belce poprzecznej ramy cysterny.

Na rys. 8 pokazano konstrukcję wózka końcowego, który składa się z części służącej do oparcia i zaryglowania cysterny na ramie wózka, oraz części umożliwiającej połączenie składu pociągu bimodalnego z lokomotywą.

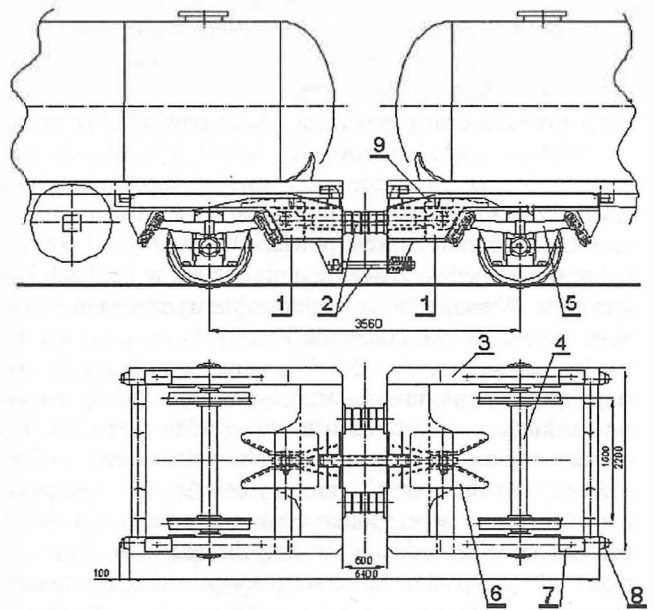
Część przeznaczoną do połączenia wózka z lokomotywą wyposażono w zderzaki 2 i hak pociągowy 1, zamocowane do czolownicy ramy wózka 3.

W strefie środkowej ramy zlokalizowano siodło z urządzeniem ryglującym 4, w którym mieści się czop kolejowy 5, zamontowany w ramie cysterny 6.

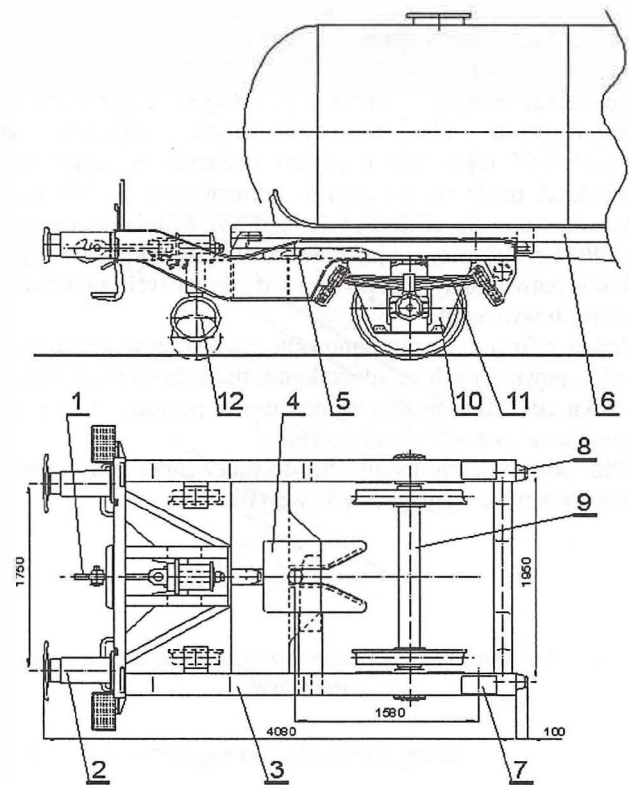
Na końcach podłużnic ramy wózka umieszczono płyty podpierające 7 oraz czopy zabezpieczające 8, które wchodzi w otwory ramy cysterny 6.

Zestaw kołowy 9 jest prowadzony w ramie wózka widłami 10 i resorami piórowymi 11.

Wózek wyposażono w technologiczne koła podporowe 12, służące do utrzymania poziomego położenia ramy wózka w stanie swobodnym. Po zamocowaniu cysterny na ramie wózka, koła technologiczne 12 są podnoszone na odpowiednią wysokość.



Rys.7. Bezadapterowy wózek środkowy



Rys.8. Bezadapterowy wózek końcowy

#### 5. Dalsze doskonalenie bimodalnej techniki taborowej w transporcie materiałów niebezpiecznych

Uwzględniając uzyskane dotąd korzystne cechy należy dalej rozwijać i doskonalić technikę bimodalną, przy czym główne kierunki dalszego doskonalenia są następujące:

1. opracowanie drugiej generacji specjalnie zaprojektowanego taboru zarówno w drogowo-kolejowej części nadwozia jak również w wyłącznie kolejowej części bieguwej,
2. uwzględnienie specyfiki przewozu materiałów niebezpiecznych, w tym paliw płynnych,
3. lepsze i pewniejsze połączenie ramy nadwozia z wózkami przy uproszczeniu technologii formowania kolejowego składu naczep bimodalnych.

Przewidywana druga generacja taboru powinna być oparta na wózkach bezadapterowych. Zespół specjalnych półwózków bimodalnych powinien również zapewniać samoczynne radialne nastawianie się osi zestawów w lukach toru, dzięki czemu zużycie powierzchni toczyń i obrzeży kół oraz toru będzie znacznie mniejsze niż w wózkach klasycznych. Wymaga to zaprojektowania wymuszenia radialnego położenia osi zestawów kołowych, co powinno zachodzić samoczynnie pod działaniem sił podłużnych, występujących w pionowym usprężynowaniu każdej osi zestawu, kiedy pociąg bimodalny przejeżdża przez luk toru (obróć nadwozia względem zespołu półwózków). Należy również wyeliminować niebezpieczeństwo opadnięcia nadwozia na tor w przypadku zerwania pociągu bimodalnego, co może się zdarzyć w dotychczasowych rozwiązaniach. W przypadku zerwania pociągu układ powiązania zestawów środkowego wózka zostanie także zerwany, jednak nie nastąpi opadnięcie nadwozia na tor, a nadwozie będzie opierać się na półwózku, przyczym każdy zestaw kołowy musi mieć własny układ hamowania.

Nowo budowane wagony do przewozu ładunków niebezpiecznych będą musiały w przypadku kolizji (zderzenia) pochłonąć energię o wartości min 800 kJ. Przepis ten ma obowiązywać dla nowobudowanych wagonów od 01.01.2005 roku. Dla wagonów będących w eksploatacji wielkość pochłaniania energii zmniejszono do 500 kJ, a termin wprowadzenia w życie tego wymagania ma nastąpić w 2011 r. Pojawiły się już nowe rozwiązania konstrukcyjne, które potwierdziły możliwości wdrożenia tych zaproponowanych wymagań.

Jedna z firm już zaproponowała zastosowanie specjalnych tulei, powiązanych ze zderzakami; tuleje te po wyczerpaniu skoku zderzaka ulegają zgnieceniu w postaci fałd i mogą pochłonąć znaczne ilości energii.

Dla pojazdów bimodalnych dotychczasowe rozwiązania konstrukcyjne wymagać będą weryfikacji.

## 6. Podsumowanie

W Europie można zaobserwować wzrastające zainteresowanie przewozami towarów z wykorzystaniem techniki bimodalnej, szczególnie w takich krajach jak Niemcy, Austria, Szwajcaria. Przyczyniają się do tego niewątpliwie zalety, jakimi charakteryzuje się ten system transportowy oraz wzrost kosztów transportu drogami kołowymi w wyniku wprowadzonych opłat za użytkowanie autostrad dla ciężkich pojazdów drogowych.

Zastosowanie nowoczesnej techniki bimodalnej do transportu paliw płynnych pozwala na wielokrotny przeładunek samej cysterny bimodalnej, wypełnionej paliwem, z toru kolejowego na drogę kołową i odwrotnie, i dostarczenie paliwa do dowolnie usytuowanego odbiorcy, bez konieczności przepompowywania paliwa. Te uwarunkowania ekonomiczne i organizacyjne winny poprawić konkurencyjność przewozów naczep drogowych po torach kolejowych.

Przeniesienie części taboru drogowego na kolej, a zwłaszcza cystern drogowych przewożących paliwa płynne, wpłynie znacząco na poprawę warunków bezpieczeństwa ruchu na drogach kołowych oraz ochronę środowiska naturalnego.

## Literatura:

- [1] *Technika taboru drogowo-szynowego (bimodalnego). Praca zbiorowa pod redakcją Jerzego Madeja. Instytut Pojazdów Szynowych „TABOR” w Poznaniu. Poznań 2000 r.*
- [2] *Karta UIC 597. System transportu kombinowanego szynowo-drogowego. Naczepy wózkowe. Charakterystyki. Wyd. 1 z 01.01.1991 r. Nowy nakład z 01.07.1993 r. z 7 zmianą z 01.07.1995 r.*
- [3] *M. Medwid: Zmodernizowany tabor do transportu bimodalnego przystosowany do prędkości 160 km/h. Pojazdy Szynowe 2/2002 r.*
- [4] *Przepisy RID: Konwencja o międzynarodowym przewozie kolejami (COTIF). Aneks 1 do załącznika B – „Regulamin dla międzynarodowego przewozu kolejami towarów niebezpiecznych (RID)”. Wydanie z 01.01.1997r. z uwzględnieniem zmian wprowadzonych z dniem 01.01.2004 r. Wydane przez PKP Cargo S.A.*
- [5] *P. Piotrowski: Kolejowo-drogowe przewozy materiałów niebezpiecznych – wymagania techniczne w świetle przepisów międzynarodowych. Materiały II Ogólnopolskiego Symposium „Techniczne środki transportu drogowo-szynowego (bimodalnego)”. Poznań – Skoki, listopad 1993 r.*