

Marian Medwid

Tabor bimodalny do przewozów kombinowanych kolejowo-drogowych (2). Badania prototypowego pociągu

W pierwszej części artykułu (tts1-2/2006) opisano rozwój konstrukcji pociągów bimodalnych na świecie oraz przedstawiono pociąg bimodalny opracowany w Polsce. W drugiej części artykułu przedstawiono metodykę i wyniki badań tego pociągu.

Prototypowy pociąg bimodalny poddano badaniom statycznym i ruchowym w pełnym zakresie wymaganych badań i postawionych kryteriów w karcie UIC 597 punkt 1.6.2. i 1.6.3.

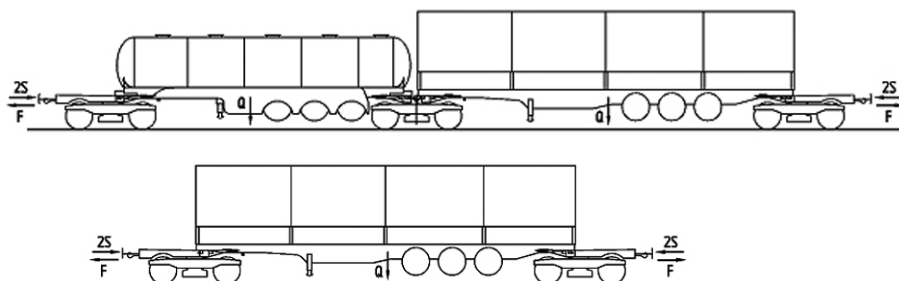
Statyczne badania wytrzymałości konstrukcji zespołów nośnych pociągu

Statyczne badania wytrzymałościowe naczepy skrzyniowej, cysterny paliwowej oraz adapterów końcowych i środkowych wykonano na jedynym w Polsce stanowisku badawczym w Instytucie Pojazdów Szynowych TABOR.

Stanowisko umożliwia realizację statycznych badań wytrzymałościowych konstrukcji nośnych wagonów i innych pojazdów szynowych, przez obciążenie badanej konstrukcji, poziomymi siłami ściskającymi i rozciągającymi oraz pionowymi obciążeniami punktowymi lub rozłożonymi w sposób ciągły.

Badaniom poddano naczepę skrzyniową i cysternę paliwową, opartą na dwóch wózkach końcowych i wózku środkowym, oraz naczepę zamocowaną na wózkach końcowych (rys. 1). Na rysunku 2 pokazano sposób obciążenia zespołów pociągu, gdzie wektory przyłożonych sił oznaczają:

- siła $Q = 500$ kN od masy obciążonej naczepy,
- siła $P = 125$ kN przypadająca na siodło adaptera, pochodząca od maksymalnego ciężaru naczepy,
- siła $S = 425$ kN przypadająca na jeden zderzak, podczas próby ściskania składu bimodalnego,
- siła $F = 850$ kN przyłożona do haka ciągowego podczas próby rozciągania składu bimodalnego,
- reakcja R – oddziaływania dyszla adaptera na otwór mocujący w ramie naczepy.



Rys. 1. Schemat obciążeń składu bimodalnego i pojedynczej naczepy podczas statycznych badań wytrzymałościowych

Podczas badań nie uwzględniono sił oddziaływania pionowego podparcia adapterów na ślizgach bocznych wózka.

Badania wykonano w następujący sposób:

- 1) naczepa w stanie próżnym na dwóch wózkach końcowych:
 - w osi każdego zderzaka adapterów końcowych przyłożono do zderzaków siły ściskające 425 kN,
 - 50 mm poniżej osi zderzaka, do każdego zderzaka przyłożono siłę ściskającą 320 kN,
 - do dwóch zderzaków leżących po przekątnej przyłożono w osi zderzaków siłę ściskającą 400 kN,
 - do haków ciągowych adapterów końcowych przyłożono siłę rozciągającą 850 kN;
- 2) naczepa skrzyniowa i cysterna paliwowa w stanie ładownym, zamocowane na dwóch wózkach końcowych i wózku środkowym:
 - wykonano badania ściskania i rozciągania w takim zakresie, jak dla naczepy na dwóch wózkach końcowych, ponadto dokonano pomiaru strzałki ugięcia ramy naczepy w stanie ładownym oraz pomiaru luzu wzdłużnego w zamkach mocujących naczepę i cysternę na adapterach.

Przeprowadzone statyczne badania wytrzymałościowe urządzeń nośnych pociągu bimodalnego potwierdziły wymaganą wytrzymałość konstrukcji zespołów nośnych pociągu, a wyniki pomiarów naprężeń mierzonych w wybranych miejscach konstrukcji były zbliżone z poziomem naprężeń otrzymanych w wyniku wykonanych wcześniej, metodą MES (Metoda Elementów Skończonych), obliczeń wytrzymałościowych. Strzałka ugięcia naczepy załadowanej mierzona w środku rozstawu (~14 m) punktów oparcia naczepy na adapterach wynosiła 4,6‰, a luzy w zamkach mocujących nie przekraczały 1 mm.

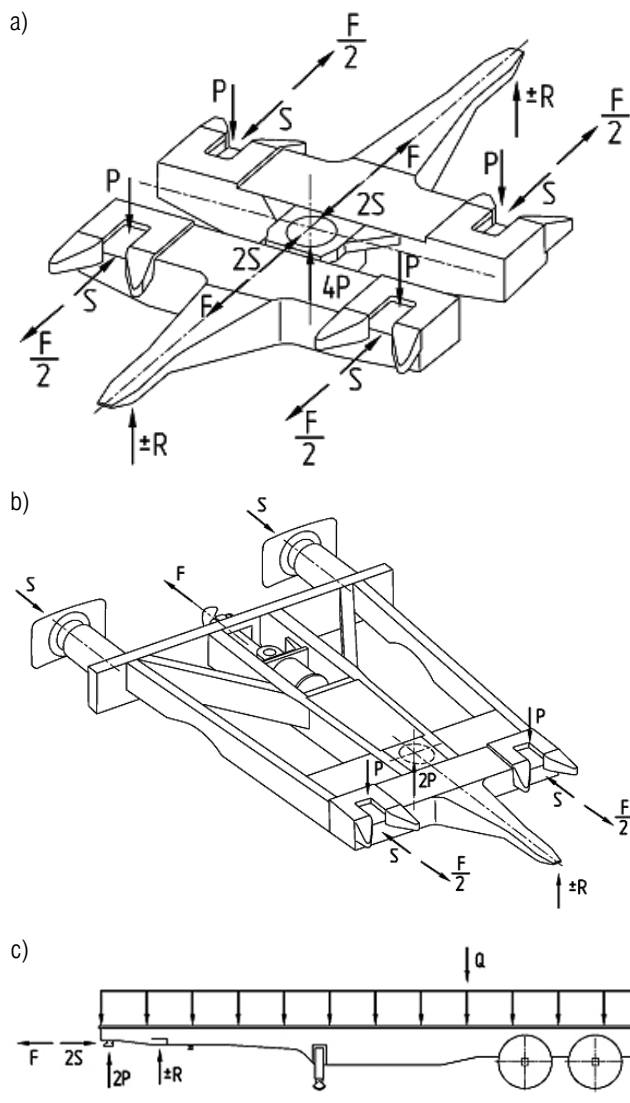
Badania ruchowe pociągu

Badania ruchowe pociągu złożonego z naczepy skrzyniowej, cysterny paliwowej, cysterny gazowej oraz dwóch wózków końcowych i dwóch wózków środkowych, przeprowadzono w CNTK (Centrum Naukowo Techniczne Kolejnictwa) Warszawa, a część badań, szczególnie dotyczących bezpieczeństwa i spokojności jazdy pociągu, powtórzono w Deutsche Bahn AG – FTZ Minden.

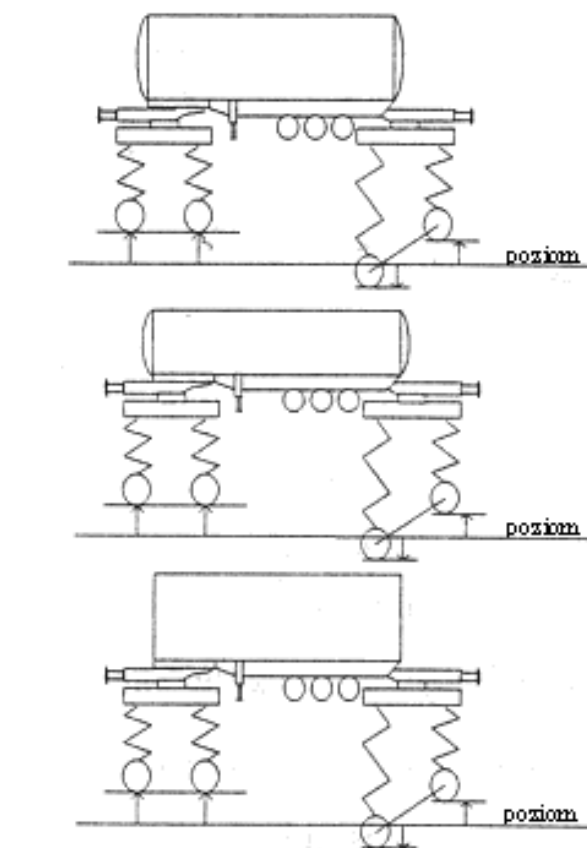
W CNTK Warszawa wykonano następujące badania.

1. Badania bezpieczeństwa jazdy po torze wichrowatym [47]

Przed rozpoczęciem ruchowych badań pociągu wykonano stanowiskowe próby wichrowania ramy wózka i zestawów kołowych w celu wstępnego określenia stopnia bezpieczeństwa ruchu prototypowego pociągu bimodalnego, jako jednostki transportowej



Rys. 2. Rozkład obciążeń zespołów pociągu
a) adapter środkowy, b) adapter końcowy, c) rama naczepy



Rys. 3. Próba wichrowania naczep na wózkach końcowych

odbiegającej od standardowych rozwiązań konstrukcyjnych kolejowego taboru towarowego.

Próby wichrowania składu bimodalnego przeprowadzono na specjalistycznym stanowisku pomiarowym TENSAN PLW znajdującym się na torze Zakładu Taboru w Krakowie.

Próba wichrowania pojazdu polega na pomiarze zmian pionowych nacisków kół w funkcji ich przemieszczenia w górę i w dół, z poziomej płaszczyzny toru. Próba ta symuluje zmiany pionowych nacisków kół na szyny spowodowane przejazdem pojazdu przez tor o zadanej wichrowatości.

Wykonano próby wichrowania dla pojedynczych naczep zamocowanych na adapterach końcowych, według schematu przedstawionego na rysunku 3, a następnie próby wichrowania wózków i zestawów kołowych trzynaczepowego składu pociągu, według schematu rysunek 4.

Próby wichrowania zestawów kołowych naczep na wózkach końcowych przeprowadzono zgodnie z wymaganiami normy PN-92/02504 [43], wykonując równoczesne wichrowanie wózków na bazie rozstawu czopów skrzytu oraz wichrowanie zestawów kołowych wózka na bazie rozstawu osi zestawów kołowych, dokonując pomiarów zmian nacisków kół zestawów nieruchomych.

Próbie wichrowatości na bazie rozstawu czopa skrzytu wykonano do wysokości 42 mm, dla przemieszczeń pionowych 10, 20, 30, 42 mm. Próbie wichrowania na bazie rozstawu osi w wózku wykonano do wysokości 5,6 mm, dla przemieszczeń 3 i 5,6 mm.

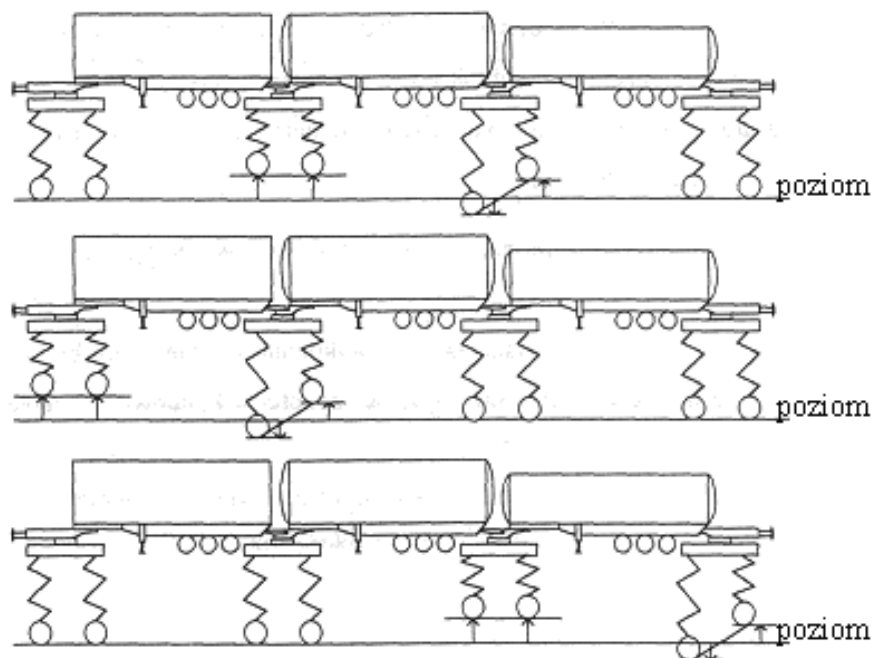
Ocena bezpieczeństwa jazdy przed wykolejeniem na wichrowatym torze polega na wyznaczeniu rzeczywistej siły prowadzącej Y_{rz} dla aktualnego, rzeczywistego pionowego nacisku koła na szynę – Q_{rz} .

Rzeczywistą wielkość siły prowadzącej Y_{rz} wyznacza się na podstawie metody przedstawionej w raporcie ORE (*Office de Recherches et d'Essais*) B55RP8 [45]. Rzeczywisty nacisk koła Q_{rz} wyznacza się na podstawie wyników prób wichrowania. Wyznaczoną w ten sposób rzeczywistą wielkość stosunku

$$\left[\frac{Y}{Q} \right]_{rz}$$

porównuje się z wielkością dopuszczalną według kryterium:

$$\left[\frac{Y}{Q} \right]_{rz} \leq \left[\frac{Y}{Q} \right]_{lim}$$



Rys. 4. Próba wichrowania zestawu bimodalnego

gdzie:

$$\left[\frac{Y}{Q} \right]_{lim} = 1,2 \text{ – dopuszczalna wielkość graniczna dla zarysu o kącie pochylenia obrzeża } 70^\circ.$$

Po przeprowadzeniu analizy otrzymanych wyników z prób wichrowania osi zestawów kołowych wózków końcowych z pojedynczymi naczepami oraz prób wichrowania osi zestawów w całym pociągu bimodalnym złożonym z trzech naczep, stwierdzono, że rzeczywiste wielkości

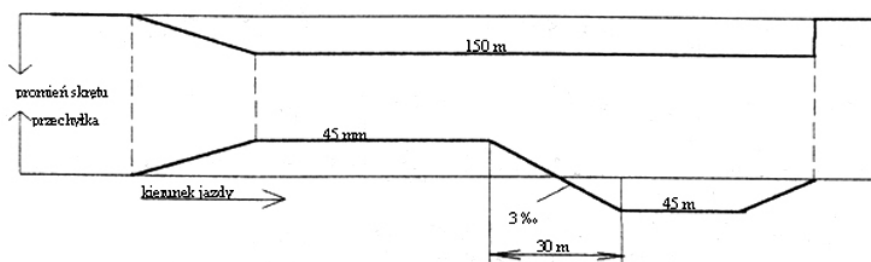
$$\left[\frac{Y}{Q} \right]_{rz}$$

wahają się od 0,96 do 1,20, a tym samym spełnione jest kryterium bezpieczeństwa jazdy.

2. Przejazd przez łuk standardowy [47]

W celu wyznaczenia doświadczalnych rzeczywistych sił prowadzących Y oraz zweryfikowania oceny bezpieczeństwa jazdy metodą badań stanowiskowych dokonano przejazdu prototypu pociągu przez otensometrowany łuk standardowy o promieniu 150 m znajdujący się na terenie CNTK. Łuk pomiarowy został ułożony z wichrowatością 3‰ według schematu na rysunku 5.

Wykonano trzykrotny przejazd składu bimodalnego po łuku. Podczas przejazdu mierzono siły Y i Q na zestawach nabiegających. Zmierzone wielkości sił prowadzących Y nie przekroczyły



Rys. 5. Schemat łuku pomiarowego

wielkości przyjętej do oceny bezpieczeństwa jazdy dokonanej na podstawie badań stanowiskowych. W trakcie przejazdu poszczególnych kół przez wichrowatość 3‰ nie zaobserwowano spadku nacisków kół prowadzących do 0 kN, a tym samym nie miało miejsca wspinanie się obrzeży kół na główkę szyny.

3. Pomiary dynamiczne podczas jazdy na szlaku kolejowym [51]

Celem dalszej weryfikacji bezpieczeństwa jazdy wykonano uproszczony pomiar bieżących wskaźników Y/Q podczas jazdy po szlakach kolejowych.

Pomiary wykonano dla pierwszej osi prowadzącej składu bimodalnego, przy prędkościach 40, 60, 80, 100 km/h. Jazdy próbne przeprowadzono na trasie Warszawa – Skierniewice, mierząc wielkości siły Y i Q w łukach o promieniu 600–1000 m. Metodę pomiaru i obróbki wyników oraz ich oceny dokonano według karty UIC 518.

Maksymalna zarejestrowana wielkość Y/Q wynosiła 0,5 i była mniejsza od wielkości dopuszczalnej 0,8, obowiązującej dla badań ruchowych.

4. Badanie bezpieczeństwa jazdy po łukach odwrrotnych typu „S” [48]

Badanie odzwierciedla zachowanie się pustego wagonu towarowego, umieszczonego w środku długiego ładownego składu pociągu, podczas hamowania na łuku. Powstające w tej sytuacji siły starają się unieść wagon i jednocześnie zepchnąć go na bok.

Zgodnie z przepisami zawartymi w kartach UIC 597 i 530-2 [40] oraz raportem ORE B12 Rp 40 [46], próbę przepychania prowadzi się dla zespołu bimodalnego złożonego z trzech naczep, do osiągnięcia siły wzdłużnej 250 kN lub do momentu, aż jeden z mierzonych parametrów nie przekroczy wielkości granicznej.

Parametrami decydującymi o ocenie badanego zespołu bimodalnego są:

- średnie uniesienie koła nabiegającego każdego wózka d_{zji} na drodze 2 m nie może przekroczyć 50 mm,
- poprzeczna siła oddziaływania zestawu kołowego na tor H_{yi} nie może przekroczyć wielkości:

$$H_{lim}(2 \text{ m}) = 1,2Q + 25 \text{ [KN]}$$

gdzie:

Q – średnia wielkość nacisku na jedno koło,

- minimalne pokrycie tarcz zderzakowych d_{ypl} musi wynosić 25 mm.

Jeżeli którykolwiek z wymienionych parametrów przekroczy wielkość graniczną zanim siła wzdłużna osiągnie 250 kN, zespół bimodalny uznaje się za nie spełniający kryterium bezpieczeństwa jazdy.

Badania przepychania pociągu bimodalnego przez łuk „S” wykonano na torze doświadczalnym w Żmigrodzie.

Do prób przepychania przygotowano skład pociągu pokazany na rysunku 6.

Wszystkie wagony składu pociągu, z wyjątkiem badanego pociągu bimodalnego, zostały obciążone ładunkiem, do osiągnięcia nacisków zestawów kołowych na tor do 20 kN. Efektem tego było uzyskanie różnicy wysokości zderzaków 76 – 80 mm między badanym pociągiem bimodalnym i wagonami otaczającymi. Przeprowadzono dwadzieścia prób przepychania pociągu bimodalnego przez tuk „S”. Wyniki prowadzonych pomiarów parametrów decydujących o bezpieczeństwie jazdy wykazały, że żaden z mierzonych parametrów nie przekroczył wielkości granicznej przy sile ściskającej pociąg bimodalny wynoszącej 257,5 kN.

5. Badania spokojności biegu [51]

Pomiary i ocenę spokojności biegu przeprowadzono według procedury badawczej PB – LW – D07, opracowanej w CNTK. Procedura określa następujące warunki i sposób prowadzenia badań:

- szyny na odcinkach pomiarowych powinny być suche;
- badany skład bimodalny musi być umieszczony na końcu składu pomiarowego i luźno sprzęgnięty z wagonem poprzedzającym;
- pomiary wykonuje się na dwukilometrowych odcinkach toru prostego oraz łuku na pełnej ich długości (liczba odcinków pomiarowych musi zapewnić możliwość statystycznej obróbki wyników);
- stan techniczny toru powinien umożliwić osiągnięcie prędkości $1,1 V_{max}$ (prędkość konstrukcyjna +10%);
- pomiar wskaźników spokojności biegu należy prowadzić w kierunku pionowym i poziomym – poprzecznym;
- czujniki pomiarowe należy umieścić nad czopami skřętu w podłużnej osi symetrii;
- jazdy pomiarowe należy prowadzić ze stopniowaniem prędkości, aż do osiągnięcia $1,1 V_{max}$.

Badany obiekt należy uznać za spełniający kryterium dostatecznej spokojności biegu, o ile w żadnym z punktów pomiarowych otrzymane wielkości wskaźników spokojności biegu W_z nie przekroczy wielkości dopuszczalnej $W_{z dop} = 4,25$.

Ze względu na przewidywane przez konstruktora zmiany parametrów konstrukcyjnych układu biegowego (zmiana wielkości przesuwu poprzecznego belki bujawkowej oraz wielkości momentu oporowego wózka) zrezygnowano z pełnego zakresu badań spokojności biegu, zastępując je badaniami uproszczonymi do $V_{max} = 110$ km/h, traktując je jako badania kontrolne.

Badania zespołu bimodalnego przeprowadzono dwukrotnie, raz dla zespołu w stanie próżnym, które wykonano na torze doświadczalnym w Żmigrodzie, drugi raz dla naczep ładownych na trasie Kłodzko – Wrocław – Leszno – Bydgoszcz – Kutno – Warszawa.

Na rysunku 7 pokazano układ naczep składu bimodalnego podczas badań oraz punkty pomiarowe przyspieszeń oznaczone p.p.1. – p.p.5.

Czujniki przyspieszeń umieszczono na adapterach nad czopami skřętu, dodatkowo zamontowano czujnik na podłodze naczepy skrzyniowej.

Wyniki badań wykazały, że w żadnym punkcie pomiarowym nie została przekroczona maksymalna wielkość wskaźnika W_z . Największą wielkość W_z odnotowano w punkcie pomiarowym p.p.4 w pionie, dla próżnych naczep, przy prędkości 110 km/h.

Dynamiczne badania wytrzymałościowe

1. Badania nabiegania [50]

Badania wytrzymałościowe zespołu bimodalnego próżnego i załadowanego przeprowadzono według zaleceń karty UIC 597 i raportu ERRI (European Rail Research Institute) B12/RP17. Badania te służą do oceny wytrzymałości konstrukcji pociągu bimodalnego w okresie do 16 lat eksploatacji w warunkach obciążeń eksploatacyjnych. Próba nabiegania polega na tym, że na niezahamowany, stojący na poziomym, prostym torze, badany pojazd, w tym przypadku pociąg bimodalny, najeżdża wagon „taran” o masie 80 t brutto. Badany pociąg bimodalny składał się z dwóch naczep (naczepa skrzyniowa i cysterna paliwowa), wózka z adapterem środkowym i dwóch wózków z adapterami końcowymi. Zgodnie z wymaganiami wykonano trzy serie badań:

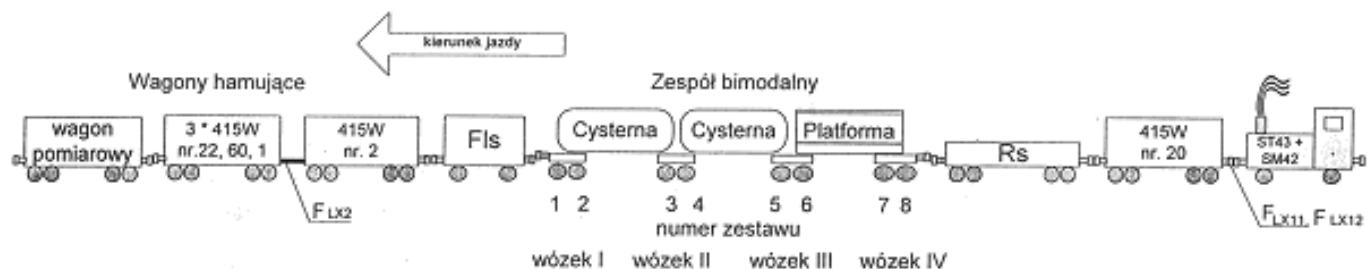
- nabiegania na pociąg zestawiony z próżnych naczep, z prędkością wagonu nabiegającego 5 km/h,
- nabiegania na pociąg zestawiony z naczepy próżnej z przodu i załadowanej z tyłu, z prędkością 5 km/h,
- nabiegania na pociąg zestawiony z dwu naczep załadowanych, z prędkością 5 km/h,

W każdym przypadku siła ściskająca mierzona w jednym zderzaku nie może przekroczyć 425 kN. Adaptery końcowe wyposażono w zderzaki kategorii „C”.

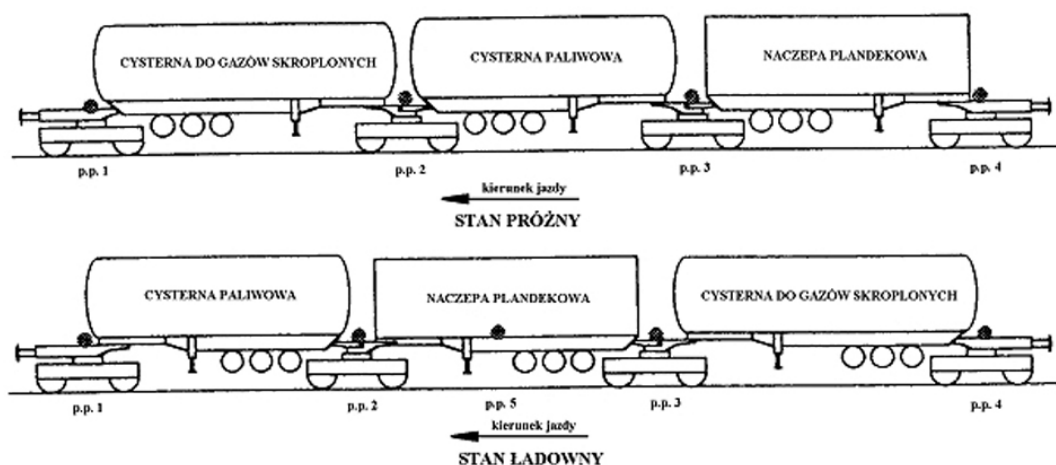
Przed badaniami wybrano punkty pomiarowe na adapterach i ramach nośnych naczep, w których naklejono tensometry do pomiaru naprężeń. Punkty pomiarowe wytypowano na podstawie wyników wytrzymałościowych badań statycznych. Tensometry naklejono w miejscach, gdzie oczekiwano największych naprężeń materiału, w konstrukcji adapterów i ram nośnych naczep.

Jako kryterium oceny wytrzymałości badanego obiektu przyjmuje się, że sumaryczne odkształcenie trwałe konstrukcji po badaniach nie może przekroczyć 2‰, a w wyniku badań nie może nastąpić zmniejszenie jakości użytkowej elementów składowych badanego składu bimodalnego.

Badania nabiegania potwierdziły założoną wytrzymałość zespołów pociągu bimodalnego. W żadnym punkcie pomiarowym konstrukcji adapterów i naczep nie wystąpiło przekroczenie dopuszczalnych naprężeń.



Rys. 6. Zestawienie pociągu próbnego do badań przepychania na tukach typu „S”



Rys. 7. Zestawienie składu pociągu i rozmieszczenie punktów pomiarowych podczas jazdy w stanie próżnym i ładowym

2. Ruchowe badania wytrzymałościowe na szlaku kolejowym [50]

Badania wytrzymałościowe podczas jazdy wykonano zgodnie z metodą podaną w raporcie ERRI B12/RP17 [42], rozszerzoną o statystyczną metodę obróbki wyników opracowaną w CNTK. Metoda ta polega na ciągłej i jednoczesnej rejestracji przebiegów nadwyżek dynamicznych naprężeń w wytypowanych punktach pomiarowych. Po zapisie, program komputerowy dokonuje selekcji i przyporządkowania danych w celu czytelnego ich odwzorowania na wykresach Smitha-Godmana. Tak opracowane wyniki służą do oceny wytrzymałości zmęczeniowej wybranych elementów konstrukcyjnych pojazdu.

Właściwe badania ruchowe poprzedzono jazdami eliminacyjnymi na trasie toru doświadczalnego w Żmigrodzie. Na konstrukcji adapterów i ram nośnych naczep drogą eliminacji i po badaniach nabiegania pozostawiono 170 tensometrów w najbardziej wyciężonych węzłach konstrukcyjnych.

Badania zasadnicze przeprowadzono na trasie: tor doświadczalny – Żmigród – Wrocław – Kłodzko – Poznań – Bydgoszcz – Kutno – Warszawa, rejestrując w sposób ciągły wskazania czujników. Łączna trasa dynamicznych badań wytrzymałościowych miała 1181 km.

Wyniki pomiarów w postaci wielkości naprężeń w mierzonych węzłach konstrukcyjnych oraz w postaci wykresów zmęczeniowych Smitha-Godmana wykazały wystarczającą nośność elementów konstrukcyjnych badanego pociągu bimodalnego.

Próba przejazdu pociągu przez nieckę torową, rampę promową oraz łuk

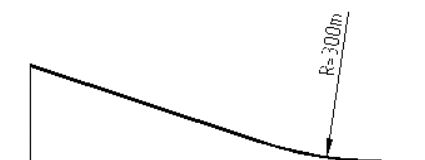
1. Przejazd kontrolny przez nieckę toru [51]

Badanie przejazdu zespołu bimodalnego przeprowadzono w CNTK na stanowisku „Badawcza Górka Rozrządowa”. Stanowisko składa się z estakady i toru poziomego, połączonych w płaszczyźnie pionowej łukiem o promieniu 300 m (rys. 8).

Ze względu na długość estakady, próbę przejazdu wykonano dla zespołu złożonego z dwóch naczep, tak aby zespół przejechał całkowicie przez łuk pionowy i znalazł się na prostym odcinku estakady.

Wykonano próby przejazdu zespołu złożonego z naczepy skrzyniowej i cysterny paliwowej oraz zespołu składającego się z cysterny gazowej i naczepy skrzyniowej. Drugie skompletowa-

nie pociągu jest bardziej niekorzystne ze względu na mniejszą różnicę długości (rozstawu czopów skreśtu) cysterny gazowej i naczepy skrzyniowej. W celu sprawdzenia przejeźdnosci przez nieckę torową w wariancie niekorzystnym (większe ugięcia wszystkich elementów sprężystych, mniejsze luzy między wszystkimi ruchomymi elementami i zespotami) naczepy w trakcie prób były załadowane do maksymalnej ładowności.



Rys. 8. Pionowy profil toru stanowiska „Badawcza Górka Rozrządowa”

Podczas obserwacji obu prób przejazdu przez nieckę torową szczególną uwagę zwrócono na obserwację adaptera środkowego, jego wzajemnych przemieszczeń (dolnej i górnej części), przemieszczeń względem ramy wózka i zamocowanych na wózku środkowym elementów, przemieszczeń ramy wózka względem znajdujących się nad nim naczep. W podobny sposób, dokładnej obserwacji poddano również adaptery i wózki końcowe. Sprawdzono także, czy nie ma niebezpieczeństwa zbliżenia górnych krawędzi naczep.

Wyniki prób uznano za pozytywne, ponieważ nie stwierdzono kolizji między częściami adaptera środkowego, adapterami końcowymi, ramami wózków i naczepami, ani żadnych innych kolizji lub nieprawidłowości.

2. Przejazd kontrolny przez rampę promową [51]

Próby wykonano dla zespołu bimodalnego złożonego z trzech naczep, które załadowano do maksymalnej ładowności.

Do wykonania próby wykorzystano stanowisko badawcze do badań momentu oporowego wózków.

W trakcie prób najjeżdżano jedną osią wózka na specjalnie do tego przygotowane kliny, których wysokość została tak dobrana, aby odpowiadało to najazdowi na kłapę promu o pochyleniu $1^{\circ}30'$. Dla wózka o rozstawie osi 2,3 m wysokość klinów wynosi:

$$2,3 \text{ m} \cdot \sin 1^{\circ}30' = 0,0602 \text{ m} \approx 0,06 \text{ m}$$

Następnie obracano wózkiem z podniesioną osią o kąt odpowiadający przejazdowi przez łuk o promieniu 120 m. W trakcie prób obserwowano czy nie ma kolizji między wózkami a elementami adapterów, czy naczep. Próby powtarzano dla podniesionej drugiej osi tego samego wózka. Odpowiada to sytuacji wjazdu na kłapę i zjazdu z niej. W ten sam sposób sprawdzono pozostałe wózki. Wyliczone dla poszczególnych naczep kąty skreślenia wózków podano w tabeli 1.

Tabela 1

Kąty skręcenia wózków wyliczone dla poszczególnych nacze

| Rodzaj naczepy | Kąt skręcenia wózka |
|----------------|---------------------|
| Skrzyniowa | 3,39° |
| Paliwowa | 2,70° |
| Gazowa | 3,22° |

Ponieważ dla każdej z nacze wyliczony kąt skręcenia wózka ma inną wielkość, wózki środkowe skrócono o większy z kątów, a więc o 3,4° i 3,2°. Wyniki prób uznano za pozytywne, ponieważ nie stwierdzono żadnych kolizji. Zatem zespół bimodalny może bezpiecznie wjeżdżać na prom o pochyleniu 1°30', przy jednoczesnym przejeździe przez łuk o promieniu 120 m.

3. Przejazd przez łuk o promieniu 75 m [49]

Badanie przejezdności składu pociągu bimodalnego złożonego z trzech nacze przeprowadzono na stanowisku do badań momentu oporowego wózków.

Poszczególne wózki skrócono o kąt, odpowiadający przejazdowi po łuku o promieniu 75 m. Kąt obliczono na podstawie zależności:

$$\alpha \approx \frac{a}{2R}$$

gdzie:

a – rozstaw czopów skrętu,

R – promień łuku.

Kąty skręcenia wózków dla wszystkich trzech nacze zestawiono w tabeli 2.

Tabela 2

Kąty skręcenia wózków dla wszystkich rodzajów nacze

| Rodzaj naczepy | Kąt skręcenia wózka α [°] |
|----------------------------------|----------------------------------|
| Naczepa skrzyniowa, $a = 14,2$ m | 5,41 |
| Cysterna paliwowa, $a = 11,3$ m | 4,31 |
| Cysterna gazowa, $a = 13,5$ m | 5,14 |

Dla wózków środkowych wybrano większe kąty skręcenia, tj. 5,14° i 5,41°.

Podczas skręcania wózków o kąt skręcania w czasie jazdy po łuku $R = 75$ m, nie stwierdzono żadnych kolizji elementów wózka z elementami adapterów, ani innych nieprawidłowości.

Badanie momentu oporowego wózków [49]

Badanie momentu oporowego wózków względem adapterów wykonano na stanowisku badawczym w CNTK dla zestawu bimodalnego złożonego z trzech nacze w stanie próżnym (rys. 9).

Podczas pomiaru najeżdżano poszczególnymi wózkami na stanowisko badawcze. Wymuszano ruch skrętny wózka, mierząc przy tym moment oporowy. Ze względu na sposób pomiaru i budowę adapterów, podczas badań wózków końcowych mierzono całkowity moment (sumaryczny), pochodzący od tarcia w czopie

skrętu i na dwóch ślizgach bocznych. Podczas badań wózków środkowych mierzono sumaryczny moment pochodzący od tarcia w dolnym czopie skrętu adaptera i na czterech ślizgach bocznych oraz od tarcia w podporach reakcyjnych adaptera górnego i dolnego.

Wyniki pomiarów wykazały, że wózki końcowe mają prawie jednakowy moment oporowy, mieszczący się w środku zakresu przewidzianego kartą UIC 510–1 i wynoszącego 10 ± 4 kNm.

Natomiast moment oporowy wózków środkowych przekraczał znacznie wymaganą wielkość.

Wobec tego, na wózkach środkowych dokonano wymiany sprężyny w ślizgach bocznych na sprężyny o mniejszej sztywności. Dokonano ponownych pomiarów momentu oporowego wózków środkowych. Po wymianie sprężyn ślizgów otrzymano wielkości momentów obrotowych mieszczące się w górnej tolerancji wielkości wymaganej przez kartę UIC 510–1. Biorąc pod uwagę, że badany tabor bimodalny jest przewidziany do prędkości ruchu 160 km/h, ze względu na stabilizację ruchu wężykowania wózków, momenty oporowe wózków powinny mieścić się na odpowiednio wysokim poziomie, zbliżonym do górnej tolerancji wielkości 10 ± 4 kNm.

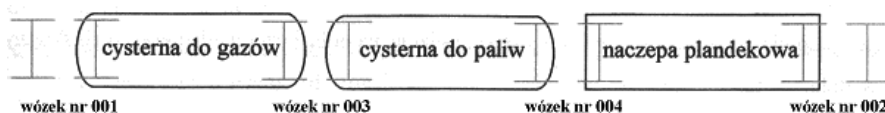
Badania ruchowe przeprowadzone przez koleje niemieckie

Na podstawie wyników uproszczonych badań ruchowych przeprowadzonych w CNTK w Warszawie dla prędkości jazdy niższych od założonych przez konstruktora, w celu zagwarantowania spełnienia kryteriów bezpieczeństwa i spokojności jazdy składu bimodalnego dla założonej prędkości maksymalnej 160 km/h +10%, wprowadzono do konstrukcji wózka środkowego następujące poprawki:

- zmniejszono moment oporowy wózków środkowych przez obniżenie sztywności sprężyn ślizgów bocznych;
- zmieniono konstrukcję podparcia adapterów górnego i dolnego na wózku ze sprężystego w pionie i ciernego w poziomie, na sprężyste w pionie i poziomie;
- zmniejszono przesuw poprzeczny belki bujawkowej wózka z ± 50 mm na ± 34 mm i wprowadzono sprężyste odbijaki między belką bujawkową a ramą wózka;
- pod sprężyny zewnętrzne usprężynowania wózka zamontowano podkładki o grubości 15 mm.

Po wprowadzeniu wymienionych zmian w parametrach konstrukcyjnych wózka i adaptera środkowego, prototyp pociągu bimodalnego poddano ponownym badaniom ruchowym w Ośrodku Badawczym Kolei Niemieckich Deutsche Bahn AG Forschung und Technologie – Zentrum w Minden (rys. 10, 11, 12, 13). Przeprowadzono je w pełnym zakresie założonej prędkości jazdy, tj. do 160 km/h +10%. Badania obejmowały ocenę spokojności i bezpieczeństwa jazdy według metodyki określonej w karcie UIC 518 [51].

Podczas badań spokojności jazdy pociągu bimodalnego, przy prędkości bliskiej do założonej prędkości konstrukcyjnej, pojawił się niestateczny ruch wężykowania wózków końcowych. W celu wyeliminowania tego zjawiska dociążono adaptery końcowe balastem o masie ~500 kg oraz wykasowano luzy wzdłużne na ślizgach bocznych wózków końcowych. Po wykonaniu tych



Rys. 9. Schemat rozmieszczenia wózków w zespole bimodalnym podczas badań momentów oporowych

zabiegów konstrukcyjnych powtórzono badania spokojności ruchu pociągu do prędkości maksymalnej 176 km/h. Nie zaobserwowano utraty stateczności poprzecznej wózków końcowych, przy prędkościach jazdy do 176 km/h.

Badania przeprowadzono na niejednorodnym pociągu bimodalnym złożonym z naczep różnej konstrukcji, o różnych masach i różnych długościach. Dotychczas badane prototypy pociągów bimodalnych systemu Road Railer, Kombirail oraz Transrailer złożone były z jednorodnych naczep skrzyniowych o jednakowej długości oraz równych masach własnych.

Niejednorodność badanego pociągu bimodalnego umożliwia jego szerszą ocenę w porównaniu z pociągiem jednorodnym. Wyniki badań ruchowych polskiego prototypu wskazują na to, że w eksploatacji można stosować pociągi bimodalne niejednorodne, złożone z różnych typów naczep.

Wyniki badań statycznych i ruchowych przeprowadzonych w polskich i niemieckich ośrodkach badawczych, a w szczególności badania ruchowe przeprowadzone w Deutsche Bahn AG-FTZ Minden według kryteriów karty UIC 518 [39] potwierdziły, że prototyp pociągu bimodalnego spełnia wszystkie wymagania punktu 1.6 karty UIC 597, a w zakresie biegowym spełnia kryteria bezpieczeństwa ruchu, spokojności jazdy oraz oddziaływania na tor do prędkości $V_{\max} = 176$ km/h.

Na podstawie pozytywnych wyników badań, prototyp pociągu bimodalnego otrzymał dopuszczenie systemu do ruchu na sieci PKP przez Głównego Inspektora Kolejnictwa.

Cechy charakterystyczne zespołu bimodalnego polskiej konstrukcji

W zależności od rozwiązania konstrukcyjnego, możemy mieć do czynienia z systemem pozwalającym na łączenie naczep w dowolnej kolejności (np. Kombirail) lub kolejność ta jest narzucona (np. Coda-E, Road-Railer). Polski prototyp pozwala na łączenie naczep w dowolnej kolejności. Jednakże dodatkową, oryginalną jego cechą jest konstrukcja samego adaptera, który został podzielony na dwie części. Każda z tych części łączy się zarówno z przodem, jak i tyłem naczepy. System jest pod tym względem uniwersalny. Dwudzielność adaptera pozwala na wzajemne przemieszczenia kątowe naczep. Ma to szczególne znaczenie w przypadku wagonów o budowie zamkniętej (np. krytych, cystern) dla zachowania bezpieczeństwa jazdy. Poza możliwością skręcania nadwozi, wszystkie siły przenoszone są „na sztywno”, tak jak w dotychczasowych rozwiązaniach.

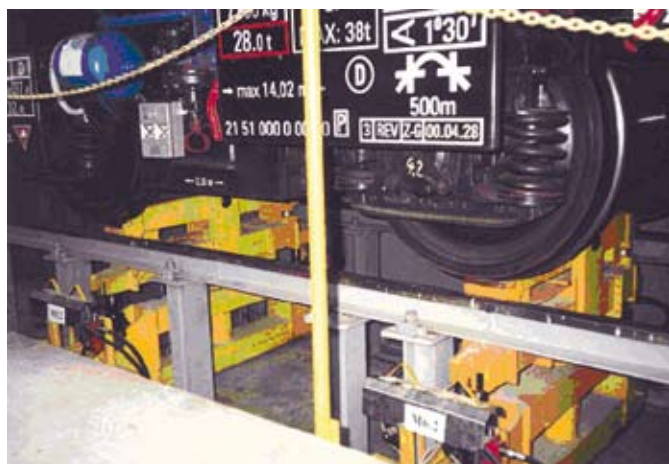
W rozwiązaniach zagranicznych występują naczepy plankowe. Wyróżniają się one dosyć wiotką konstrukcją. Stosowany czteropunktowy system oparcia nie powoduje w takim przypadku niebezpieczeństwa wykolejenia przy przejeździe przez tor wichrowaty, rampę przechyłkową lub większą pionową nierówność toru (przy oparciu trójpunktowym niebezpieczeństwo takie znacznie maleje). Żaden z dotychczasowych producentów zagranicznych nie przedstawił prototypu naczepy-cysterny bimodalnej. Charakteryzuje się ona bardzo dużą sztywnością skrętną, a zatem rodzaj podparcia ma tutaj istotne znaczenie. W tym kontekście wymieniona dwudzielność adaptera staje się dodatkową zaletą rozwiązania polskiego. Pomimo tego, że oparcie jest czteropunktowe, po-



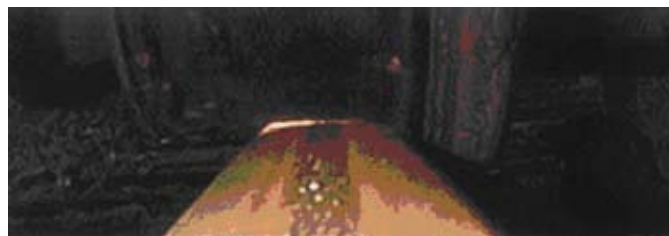
Rys. 10. Pociąg bimodalny na torach Ośrodka Badawczego DB w FTZ Minden



Rys. 12. Jazda próbna z prędkością 176 km/h na trasie Neubeckum-Brackwede



Rys. 11. Zestaw bimodalny na stanowisku badawczym DB w FTZ Minden podczas próby wichrowania wózka



Rys. 13. Badania bezpieczeństwa ruchu w tunelu standardowym metodą oceny wysokości uniesienia koła

zwała ono na wzajemne, kątowe przemieszczenia naczepek tak, jak oparcie trójpunktowe. Rozwiązanie to spełnia kryteria bezpieczeństwa jazdy po wchrowatym torze dla wszystkich rodzajów naczepek – w tym cystern. A więc, przy zastosowaniu polskiej konstrukcji adaptera, możliwe do wykorzystania są wszystkie rodzaje naczepek siodłowych, znane w transporcie drogowym.

Drugą cechą, wyróżniającą polską konstrukcję, jest możliwość dowolnego kojarzenia naczepek z adapterem (przodu lub tyłu naczepek z przodem lub tyłem adaptera). Nie wszystkie konstrukcje z oparciem adapterowym, pomimo potencjalnych możliwości, zostały w ten sposób zaprojektowane. Pod względem konstrukcyjnym oba wózki końcowe (jeden połączony z przodem, a drugi z tyłem tej samej lub innej naczepek) są identyczne. Zmniejsza to różnorodność typów wózków kolejowych. Kierunek ustawienia danej naczepek w składzie nie ma żadnego znaczenia. Wszystkie elementy sprzęgające, mające wpływ na bezpieczeństwo jazdy, znajdują się na wózku kolejowym.

Trzecią właściwością, również wynikającą z konstrukcji adaptera, jest możliwość łączenia i wyłączenia naczepek w dowolnej kolejności. W konsekwencji umożliwia to wyłączenie dowolnej jednostki z długiego składu. Ma to pierwszorzędne znaczenie w przypadku przewozu ładunków niebezpiecznych – w razie zagrożenia wyłączenie ze składu danej jednostki lub rozłączenie długiego składu. Niemożliwe jest w chwili obecnej opuszczenie kół naczepek przy wykorzystaniu kolejowego przewodu powietrznego. Przy wzajemnym porozumieniu służb kolejowych i drogowych możliwe będzie, w razie niebezpieczeństwa, opuszczenie kół naczepek i „ściągnięcie” jej z adaptera na szlaku kolejowym – tym samym rozłączenie składu. Obecnie jedyną możliwością awaryjnego rozłączenia składu jest mechaniczne podniesienie przodu naczepek i odciągnięcie lokomotywą reszty składu.

Czwartą, i może najważniejszą, zaletą krajowego projektu jest możliwość przewozów kolejowo-drogowych materiałów ropopochodnych. Do tej pory żadna z firm zagranicznych nie przedstawiła prototypu naczepek-cysterny bimodalnej.

Oryginalne polskie rozwiązanie zespołu bimodalnego ma następujące główne zalety.

1. Możliwość eksploatacji systemu z prędkościami do $V_{\max} = 160$ km/h, przy nacisku osi 18 t i $V_{\max} = 120$ km/h, przy nacisku osi 22,5 t.
2. Zastosowanie hamulca tarczowego, pozwalającego zmniejszyć emitowany przez pociąg hałas o ok. 10 dB w porównaniu z pociągami wyposażonymi w hamulec klockowy.
3. Przegubowe połączenie adaptera górnego z dolnym, umożliwiające łączenie naczepek z adapterem przy dużym błędzie ustawienia siodła naczepek w stosunku do siodła adaptera.
4. Zastosowanie zalecanego przez kartę UIC 597 czteropunktowego sprzężystego układu oparcia bocznego adapterów na wózku za pomocą czterech sprzężystych ślizgów bocznych (jak w tradycyjnym wagonie towarowym), nie spotykanego w innych konstrukcjach.
5. Uniwersalność systemu pozwalającego transportować każdy typ naczepek.
6. Jednakowe rozwiązanie sposobu łączenia naczepek z adapterem na obu końcach naczepek, umożliwiające zastosowanie jednego typu adaptera końcowego.
7. Umiejscowienie na adapterach zamków ryglujących naczepek w adapterze, umożliwiające skuteczną kontrolę i konserwację zamków.

8. Zastosowanie po dwa czopy sprzęgowe na każdym końcu naczepek, zwiększające bezpieczeństwo ruchu na torze.
9. Wyeliminowanie, dzięki symetrycznemu rozwiązaniu adapterów, obracania wózków na terminalach.
10. Automatyczne zamykanie zamków po połączeniu naczepek z adapterem, skracające czas obsługi pociągu przy łączeniu.

Podsumowanie

Formuła budowy bimodalnego taboru adapterowego wynika z możliwości łatwego przystosowania do tego celu standardowych wózków kolejowych, wyposażając je w specjalne adaptery umożliwiające oparcie naczepek na wózkach kolejowych oraz w kompletne urządzenia hamulcowe, pozostawiając na naczepek tylko główny przewód hamulcowy. Utworzony w ten sposób pociąg bimodalny złożony z maksymalnej liczby 50 naczepek jest zwartą, sztywną wzdłużnie strukturą. Jest on traktowany jako całościowa jednostka transportowa dostarczana od terminalu ładunkowego do terminalu wyładunkowego. Tak utworzony pociąg bimodalny stanowi nowoczesny, ekonomiczny i ekologiczny środek transportu, służący do wypełnienia niszy transportowych, charakteryzujących się przepływem dużych strumieni towarów.

Ze względów ekonomicznych należy dążyć do tworzenia pociągów złożonych z maksymalnej, dopuszczonej przepisami liczby załadowanych towarem naczepek. Sformowanie tak długiego pociągu w określonym przedziale czasowym, wynikającym z ustalonego rozkładu jazdy, wiąże się z posiadaniem odpowiedniego zaplecza logistycznego. Spedytorzy mają często trudności ze zgromadzeniem na terminalu przeładunkowym, w ograniczonym czasie, załadowanych towarem naczepek, wystarczających do sformowania maksymalnie długiego pociągu bimodalnego. Dużym ułatwieniem logistycznym byłaby możliwość formowania krótkiego zestawu bimodalnego, złożonego np. z maksymalnie dziesięciu naczepek i doczepiania go do końca standardowego pociągu towarowego. Taką możliwość, jednak nie do końca precyzyjnie sformułowaną, dają przepisy zawarte w karcie UIC 597 punkt 1.2 „Charakterystyki eksploatacyjne”, które stanowią: „1.2.1. Pociągi tego systemu powinny kursować jako pociągi blokowe (1). Dopuszczalne są pociągi blokowe z maksimum 50 naczepekami siodłowymi, maksimum 1600 t masy całkowitej i maksymalnie 700 m długości, przy zastosowaniu kombinacji położenia hamulca według postanowień sprawozdania końcowego, część badań 2 UIC Grupy Roboczej 45/Z/4.

(1) Jeżeli w drodze wyjątku będzie konieczne zastosowanie mniejszych grup pojedynczych, wówczas należy je doczepić na końcu pociągu jako zamkniętą grupę, to znaczy oba wózki końcowe każdej grupy wyposażone w odpowiednie adaptery. Należy przy tym dwu- albo wielostronnie uzgodnić z kolejami warunki eksploatacyjne”.

Z treści przepisu wynika, że możliwość doczepiania na końcu pociągu towarowego grup zestawów bimodalnych jest warunkowa i nie określa liczby naczepek bimodalnych w grupie oraz liczby grup zestawów bimodalnych. W praktyce przepis ten jest martwy i spedytorzy nie korzystają z możliwości tworzenia pociągów mieszanych towarowo-bimodalnych. Wynika to ze zróżnicowanej budowy strukturalnej składu pociągu towarowego oraz składu bimodalnego, a w szczególności z różnej charakterystyki sztywności wzdłużnej obu składów pociągów.

Prowadzone w ramach UIC oraz grup roboczych ERRI badania pociągów bimodalnych [9] służyły określeniu parametrów tech-

nicznych i wymagań sprecyzowanych w przepisach karty UIC 597. Problematyką tą zajmowały się dwie grupy robocze ERRI, B177 – „Dynamika pociągu” oraz grupa B12 – „Wagony towarowe”. Grupa dynamiki przygotowała symulacyjne programy obliczeniowe, na podstawie których określono maksymalne siły wzdłużne występujące w pociągu bimodalnym dla różnych konfiguracji pociągu, ich składu oraz sposobów hamowania. Grupa robocza B12 natomiast przygotowała program prób z rzeczywistymi pociągami bimodalnymi, których celem było zweryfikowanie programu obliczeniowego. Realizacja programu badań nastąpiła w 1997 r. Pierwotny plan badań przewidywał również próby dynamiki z normalnym pociągiem towarowym oraz różnymi grupami bimodalnymi (10, 15, 20 i 25 bimodalnych nacze w grupie) dołączonymi do niego. Ostatecznie jednak, na wniosek jedyne go użytkownika systemu bimodalnego w Europie – BTZ Monachium, z tych badań zrezygnowano i przeprowadzono jedynie badania całopociągowe w dwóch grupach. Pierwsza – składająca się z 25 nacze o masie całkowitej 816 t oraz długości składu 378 m, oraz druga – składająca się z 48 nacze o masie całkowitej 1496 t oraz długości 697 m. Grupa 25 nacze wyposażona była w wózki z hamulcem tarczowym, a w pociągu złożonym z 48 nacze pozostałe wózki miały hamulec klockowy. Wyniki tych badań pozwoliły na sformułowanie następujących wniosków:

- w przypadku ustawienia hamulca pociągu typu G/G (towarowy-towarowy) zespoły bimodalne całopociągowe mogą być eksploatowane do masy maksymalnej 1600 t oraz do 50 nacze;
- w przypadku ustawienia hamulca pociągu typu G/P (towarowy-osobowy) zespoły bimodalne całopociągowe o jednorodnej budowie hamulca klockowego lub tarczowego mogą być eksploatowane do masy maksymalnej 1600 t oraz do 50 nacze;
- w przypadku ustawienia hamulca pociągu typu G/P zespoły bimodalne całopociągowe o mieszanej budowie hamulca mogą być eksploatowane do masy maksymalnej 1200 t oraz do 40 nacze;
- w przypadku włączenia grupy bimodalnej do składu pociągu zaleca się ograniczenie jej liczby do 10 jednostek, dołączonej do końca pociągu towarowego.

Również w Instytucie Pojazdów Politechniki Warszawskiej przeprowadzono badania symulacyjne dynamiki wzdłużnej jednorodnego pociągu bimodalnego, jak też symulację oceny sił wzdłużnych w pociągu towarowym z doczepionym składem nacze bimodalnych. Badania przeprowadzono dla holenderskiego systemu Coda-E [2, 3].

W sformułowanych wnioskach z otrzymanych wyników badań pojawiają się warunkowe stwierdzenia, na podstawie których nie można jednoznacznie ocenić ich zgodności z wynikami badań, wykonanych w ERRI na rzeczywistym badanym obiekcie, jednorodnego składu bimodalnego.

Prowadzone dalsze badania teoretyczne powinny dotyczyć analiz symulacyjnych dynamiki wzdłużnej pociągu towarowego z dołączoną jedną grupą lub z kilkoma grupami jednostek bimodalnych (rys. 14), jak również pociągu bimodalnego złożonego z kilku grup jednostek bimodalnych, połączonych między sobą adapterami końcowymi (rys. 15). W badaniach symulacyjnych należy uwzględnić łączenie mieszanych grup bimodalnych wyposażonych w systemy hamulcowe klockowe i tarczowe.

Problem ten został również zauważony przez ekspertów UIC, gdzie w 2003 r., w grupie roboczej ERRI B12.22. przystąpiono do opracowania projektu badań symulacyjnych i ruchowych dynami-

ki wzdłużnej różnych kombinacji składów bimodalnych włączonych do pociągu towarowego [51].

Wprowadzenie do przepisów karty UIC 597 jednoznacznego zapisu, dopuszczającego możliwość dołączenia grup bimodalnych do tradycyjnego pociągu towarowego zwiększy elastyczność funkcjonowania systemów bimodalnych, poprawi operatywność i efektywność ich eksploatacji, jak również wyeliminuje jedną z barier ograniczających dalszy rozwój adapterowych systemów bimodalnych.

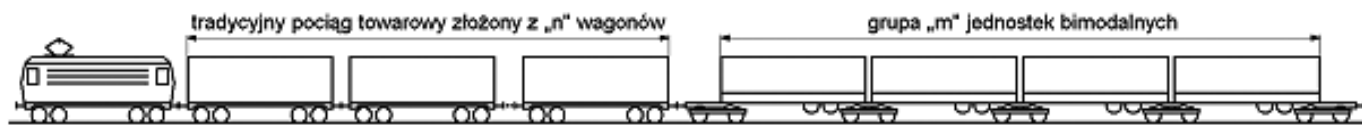
Istotną zaletą transportowej techniki bimodalnej jest prostota terminalu przeładunkowego, którego budowa nie wymaga dużych nakładów inwestycyjnych. Łatwa i tania adaptacja istniejących, często wyłączonych z eksploatacji, bocznic kolejowych na małe terminale przeładunkowe umożliwi przeładunek kilku nacze bimodalnych i doczepienie ich do składu pociągu towarowego, a tym samym może wpłynąć na ponowne włączenie do eksploatacji istniejącej infrastruktury kolejowej oraz na rozszerzenie sieci terminali przeładunkowych.

Pomimo wielu zalet eksploatacyjnych, jakimi charakteryzuje się polski adapterowy system transportowy, nie został on rozpowszechniony w produkcji seryjnej. Zasadniczym powodem małego zainteresowania spedytorów wdrażaniem nowych technologii przewozów w ruchu kombinowanym, w tym taboru bimodalnego, jest prowadzony przez nich rachunek ekonomiczny, z którego wynika nieopłacalność poszukiwania nowatorskich rozwiązań technicznych środków transportu. W obecnych realiach ekonomicznych Polski, najprostszą i najtańszą formą transportu towarów jest ich przewóz drogą kołową, za pomocą tradycyjnej nacze drogowej z ciągnikiem siodłowym. Efekty ekonomiczne możliwe do uzyskania przez zastosowanie taboru bimodalnego, w postaci znaczącego zmniejszenia zużycia paliwa, ochrony środowiska, obniżenia stopnia degradacji dróg, zmniejszenia kosztów, wynikających z częstych wypadków drogowych, nie występują u przewoźnika. Są to koszty zewnętrzne, które są wymierne w skali makroekonomicznej państwa. Dlatego państwo powinno być zainteresowane tym, aby przewoźnicy drogowi korzystali również z torów kolejowych, odciążając ruch drogowy. W tym celu należy stworzyć odpowiednie zachęty i preferencje przewoźnikom drogowym.

Za podstawę warunków efektywnego wdrożenia taboru bimodalnego w Polsce od strony administracyjno-prawnej należy uznać:

- stworzenie systemu umów bilateralnych umożliwiających ruch międzynarodowy, z uwagi na stosunkowo niewielką rozległość terytorialną naszego kraju i jednocześnie jego tranzytową rolę;
- wprowadzenie dla przewoźników systemu zachęt, w tym finansowych;
- wprowadzenie przepisów ograniczających samochodowy ruch ciężarowy, mających na celu ochronę naszej infrastruktury drogowej i jej odciążenie;
- wprowadzenie zachęcających taryf na przewóz nacze bimodalnych torami kolejowymi (są one zbyt wysokie, przy jednoczesnym braku odpłatności za przejazdy drogowe);
- zniesienie wielu uciążliwości w postaci zezwoleń i opłat dla przewoźników korzystających z systemu transportu kombinowanego, w tym bimodalnego.

Taka polityka transportowa jest preferowana przez Unię Europejską, która kieruje odpowiednie środki finansowe do krajów członkowskich, wspierając rządy państw Unii w tworzeniu zachęt



Rys. 14. Pociąg mieszany towarowo-bimodalny



Rys. 15. Pociąg bimodalny złożony z grup jednostek bimodalnych

finansowych, trafiających do spedytorów realizujących przewozy w systemie kombinowanym, kolejowo-drogowym. Wyniki badań opublikowanych przez UIC, w październiku 2004 r., na konferencji dotyczącej polityki transportowej Unii Europejskiej, wykazały że koszty zewnętrzne transportu (wypadki, degradacja środowiska i kongestia) między rokiem 1995 a 2000 zwiększyły się o 12%, do wielkości 7,3% PKB Unii Europejskiej, tj. około 650 mld euro. Największy udział w tych kosztach ma transport drogowy – 84,7%, lotniczy 13%, kolejowy 1,9%, wodny 0,4%. Średnie koszty zewnętrzne 1000 tkm przewozu w kolejowym transporcie towarowym są czterokrotnie mniejsze w porównaniu do kosztów osiągniętych w transporcie drogowym. Wskaźnik ten jednoznacznie

potwierdza zasadność prowadzonej polityki transportowej przez Unię Europejską, zmierzającą do przesunięcia części towarów z transportu drogowego na kolejowy.

□

Wykaz literatury zamieszczono w *tts* 1-2/2006

Autor

doc. dr inż. Marian Medwid

Instytut Pojazdów Szynowych TABOR

III Forum Transportu Publicznego

Programy wsparcia finansowego ze środków unijnych dla transportu miejskiego

Łódź, 8 czerwca 2006 r.

Organizatorzy

Stowarzyszenie Inżynierów i Techników Komunikacji RP

Wyższa Szkoła Humanistyczna-Ekonomiczna Wydział Transportu w Łodzi

Tematyka

- Analiza zakresu tematycznego projektów realizowanych w Polsce ze środków unijnych w latach 2004–2006
- Aktualny stan prac nad zasadami przyznawania pomocy finansowej na lata 2007–2013
- Unijny rynek taboru tramwajowego
- Unijne projekty standaryzacji w zakresie miejskiego transportu szynowego
- Przykłady projektów dla dużych miast (Warszawa, Łódź, Kraków)

Patronat prasowy

Technika Transportu Szynowego

Transport Miejski i Regionalny Autobusy

Kontakt z organizatorami

SITK Oddział w Łodzi, tel./fax 042 633 77 96, sitk@patkom.com