

## **Model strukturalny systemu transportu naczep drogowych na wózkach kolejowych w ruchu kombinowanym kolejowo-drogowym**

*W artykule zaprezentowano model strukturalny innowacyjnego rozwiązania systemu transportu kombinowanego, kolejowo-drogowego. Opisano istotne różnice nowego systemu w stosunku do znanych systemów transportu intermodalnego oraz wymieniono główne zalety nowego rozwiązania. Wyszczególniono podstawowe prace projektowe i naukowo-badawcze niezbędne do realizacji w celu dalszego rozwoju prezentowanej koncepcji.*

### **1. Wstęp**

Stały wzrost ilości transportowanych towarów z jednoczesną troską o racjonalizowanie kosztów transportu i ochronę środowiska naturalnego wskazują na potrzebę ciągłego monitorowania stanu techniki w dziedzinie transportu drogowego i kolejowego oraz poszukiwania innowacyjnych technik transportu, w tym techniki intermodalnej, która generuje niższe koszty zewnętrzne i bardziej sprzyja środowisku naturalnemu.

Rozwój transportu intermodalnego umożliwia ograniczenie przyrostu transportu towarów drogami kołowymi i równocześnie pozwala na przyrost masy towarowej transportowanej koleją. Transport kolejowy jest zdecydowanie mniej energochłonny w odniesieniu do transportu drogowego. Polska jest jedynym dużym krajem w UE, w którym poza transportem kontenerowym nie realizuje się przewozów intermodalnych, w szczególności drogowych naczep samochodowych. Naukowcy z IPS „Tabor” we współpracy z Politechniką Warszawską opracowali konkurencyjny do światowych konstrukcji, tabor bimodalny pozwalający rozwiązać problem „przeniesienia” tirów z drogi na tory. Istotną barierą wdrożenia tego systemu do eksploatacji jest konieczność wyprodukowania specjalnych naczep bimodalnych, których konstrukcja jest odpowiednio skomplikowana w porównaniu do standardowych naczep drogowych.

Do najbardziej znanych i rozpowszechnionych w Europie i świecie systemów transportu kombinowanego, kolejowo drogowego należy zaliczyć systemy: „Ro-La” (ruchoma szosa), modalohr oraz system bimodalny. Wymienione systemy transportowe wykorzystują metodę przeładunku poziomego, bez użycia urządzeń dźwigowych za wyjątkiem systemu modalohr. Przedstawiany w niniejszym opracowaniu system

łączy pewne cechy pozytywne wymienionych wyżej systemów transportowych jak również eliminuje niektóre cechy negatywne. W systemie ruchoma szosa oraz modalohr naczepy ładowane są na specjalne platformy nośne o masie własnej 8–10 ton posadowione na wózkach kolejowych. W systemie bimodalnym platformy nośne zostały wyeliminowane i zastąpione urządzeniami zwanymi adapterami, na których zamocowane zostają bimodalne naczepy drogowe, które oprócz funkcji pojemnika na towar stanowią również strukturę nośną „wagonu”. Ze względu na sposób zamocowania naczepy na adapterach (podparcie naczepy na jej końcach), jest konieczne zaprojektowanie ramy naczepy o określonej wytrzymałości z reguły o masie większej o 2–3 tony w porównaniu do standardowej naczepy drogowej.

W prezentowanym systemie transportowym wyeliminowano platformy nośne występujące w systemie ruchoma szosa oraz modalohr. Naczepa jest transportowana po torze kolejowym tylko na odpowiednio zaprojektowanych wózkach kolejowych, a punkty podparcia ramy naczepy pozostają w tym samym miejscu jak podczas jazdy po drodze kołowej. Zatem warunki obciążenia pionowego ramy naczepy w uformowaniu drogowym i kolejowym pozostają bez zmian. Jednak w uformowaniu kolejowym na pociąg złożony z naczep działają siły wzdłużne, które nie występują podczas jazdy drogowej. Wzdłużne siły występujące w uformowaniu kolejowym wprowadzono w ramę nośną naczepy w miejscach, w których przekroje belek nośnych ramy są większe niż w części przedniej to znaczy w miejscu przewidzianym pod ciągnik drogowy. Zatem rama naczepy może wymagać przystosowania do ich przenoszenia lub nie, dla niektórych typów naczep. Przyrost masy ramy naczep-

py w porównaniu do standardowej naczepy drogowej będzie znacznie mniejszy niż w naczepie bimodalnej.

## 2. Struktura modelu

System transportu naczep drogowych na wózkach kolejowych (rys. 1) złożony jest z odpowiednio przystosowanej naczepy drogowej 1, przedniego wózka dwuosowego 2 i tylnego wózka czterosiosowego 3. Przedni wózek 2 może być wykonany jako wózek wyposażony w typowe urządzenia pociągowo-zderzne 4 (rys. 2) służące do połączenia z lokomotywą i składem pociągu, lub jako wózek wyposażony w sztywne urządzenie ciąglowe 5 (rys. 1), łączące przód naczepy z tyłem sąsiedniej naczepy, lub dwa tyły sąsiednich naczep.

Przód naczepy 1 oparto na siodle 6 typu „Jost” i zamocowano do kolumny wózka 7 za pomocą połączenia sworzniowego. Urządzenie ciąglowe 8 łączy w sposób sztywny kolumnę wózka 7 z ramą nośną naczepy 9 za pomocą sworzni 10 lub innego rodzaju urządzeń sprzęgowych.

Tył naczepy 1 spoczywa na wózku tylnym 3 w ten sposób, że koła naczepy oparto na półkach ramy wózka i zabezpieczono płytami odchylnymi 11 i cięgłami 12. Ramę wózka połączono ze wspornikiem 13 ramy naczepy za pomocą sztywnego cięgła 14 mocowanego przegubowo do wspornika 13 ramy naczepy.

Do wspornika 13 ramy naczepy zamocowano również urządzenie ciąglowe 5 łączące sąsiednie naczepy. Mocowanie urządzenia ciąglowego 5 w wsporniku 13 można zrealizować za pomocą urządzenia sworzniowego 15 lub innego rodzaju urządzenia sterowanego ręcznie lub automatycznie.

## 3. Sposób montażu wózków pod naczepą

Przestawienie naczepy z trakcji drogowej na kolejową odbywa się na płaskim terminalu wyposażonym w tor prosty zabudowany tak, aby poziom terminalu był zrównany z poziomem główek szyn toru.

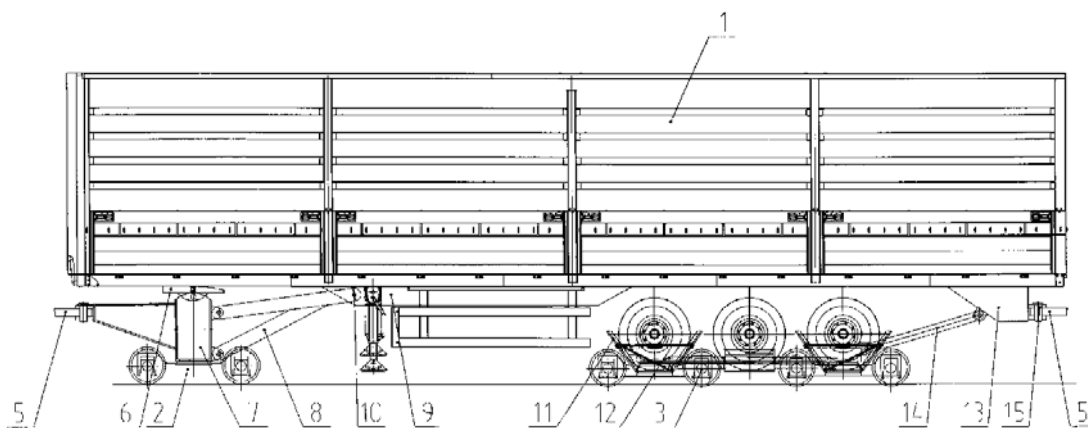
Na rysunku 3 pokazano sposób i kolejność montażu wózków kolejowych pod naczepą.

### Faza I rys 3a

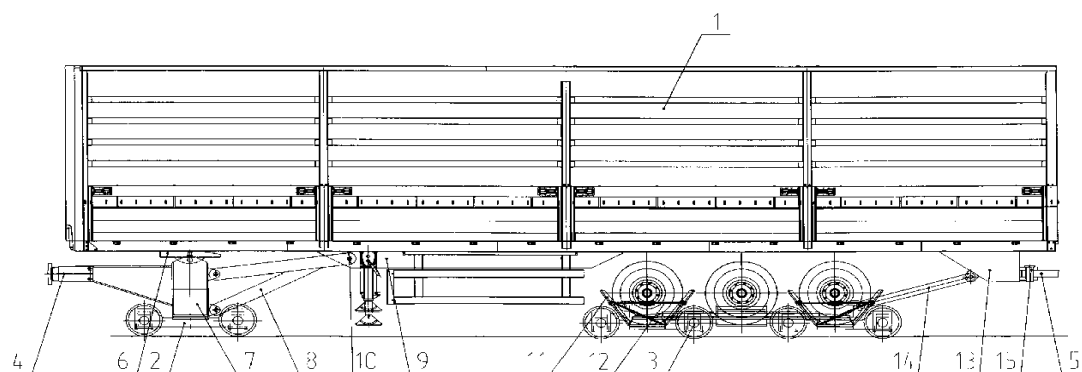
Ustawienie wózka tylnego na torze za kołami naczepy oraz zablokowanie wózka przed możliwością toczenia się po torze. Przygotowanie wózka do najazdu naczepy przez opuszczenie płyt odchylnych 11 (przednich) oraz płyt odchylnych wewnętrznych.

### Faza II rys. 3b

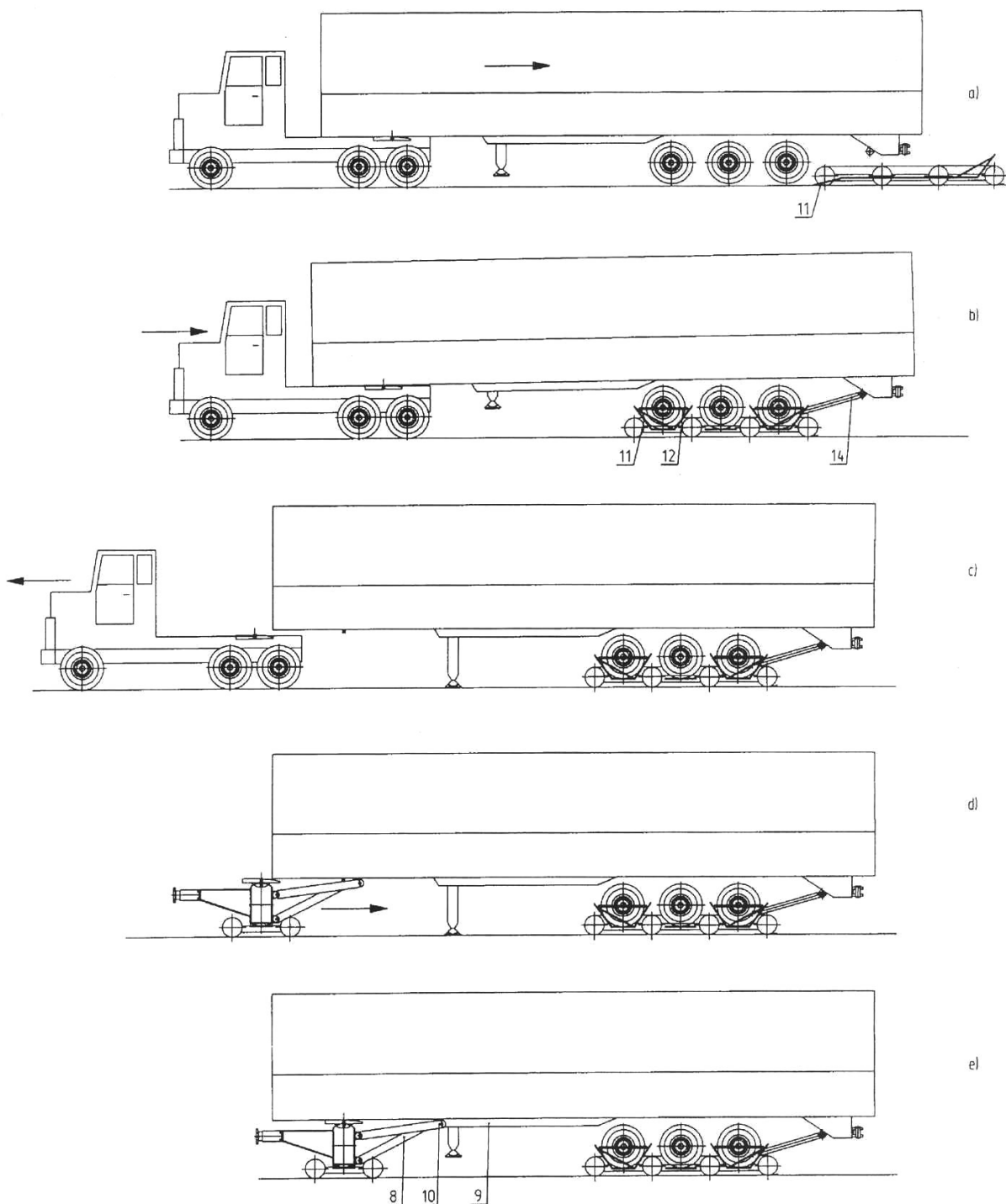
Najazd kół naczepy na płyty odchylnie 11. Zamocowanie wózka do naczepy za pomocą sztywnego cięgła 14. Zabezpieczenie kół drogowych przez podniesienie płyt odchylnych i ich zablokowanie zworami 12.



Rys. 1. Naczepa na wózkach kolejowych z wózkiem przednim przystosowanym do łączenia międzynaczepowego



Rys. 2. Naczepa na wózkach kolejowych z wózkiem przednim wyposażonym w typowe urządzenia pociągowo-zderzne



Rys. 3. Proces montażu wózków kolejowych pod naczepą

### Faza III rys. 3c

Opuszczenie nogi podporowej i wyjazd ciągnika spod naczepy.

### Faza IV rys. 3d

Wtroczenie wózka przedniego pod przód naczepy.

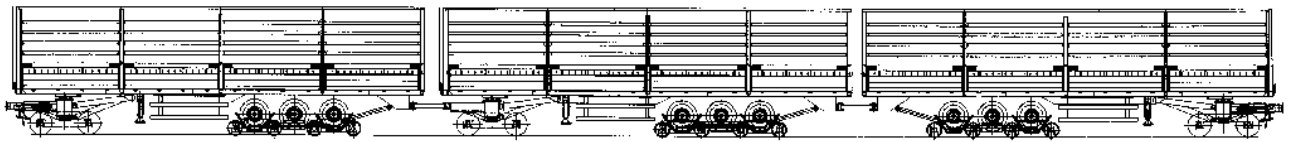
### Faza V rys. 3e

Oparcie przodu naczepy na siodle typu „Jost” i zaryglowanie zamka siodła. Zamocowanie urządzenia

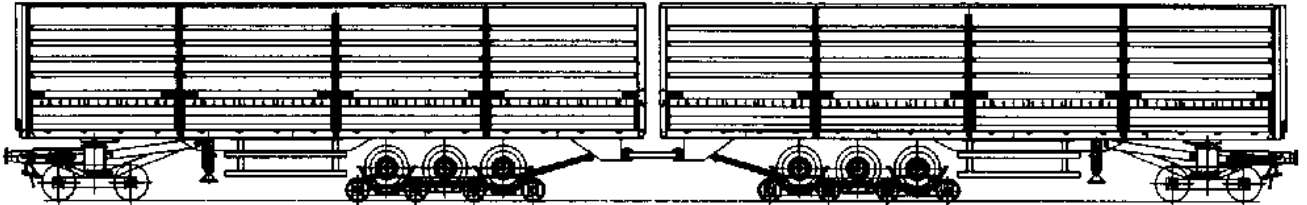
ciągłowego 8 w ramie naczepy 9, za pomocą urządzenia ryglującego 10. Podniesienie nogi podporowej naczepy.

### 4. Alternatywne możliwości montażu składu pociągu

Na rysunkach 4 i 5 przedstawiono przykładowo dwie metody formowania składu pociągu złożonego z naczep na wózkach kolejowych. Pierwsza metoda rys. 4 polega na jednokierunkowym łączeniu przyczep (za



Rys. 4. Pociąg wyposażony na obu końcach w wózki z urządzeniami pociągowo-zderznymi oraz ze sztywnym połączeniem międzynauczepowym



Rys. 5. Moduł dwunaczepowy wyposażony na obu końcach w urządzenia pociągowo-zderzne

wyjątkiem ostatniej naczepy), w ten sposób, że pierwsza naczepa jest wyposażona w przedni wózek zaopatrzone w urządzenia pociągowo zderzne a kolejne naczepy w przednie wózki wyposażone w wspornik do montażu sztywnego ciągła, łączącego przód kolejnej naczepy ze wspornikiem zamontowanym w tyle naczepy poprzedniej. Natomiast ostatnia naczepa w składzie pociągu jest odwrócona tyłem do naczepy poprzedzającej a przód naczepy jest wyposażony w wózek z urządzeniami pociągowo zderznymi.

Druga metoda rys. 5 polega na tworzeniu dwuczłonowych zespołów naczep połączonych za pomocą urządzeń pociągowo zderżnych, dwie naczepy w członie łączą się za pomocą sztywnego wzdłużnie ciągła przenoszącego siły pociągowe i ściskające, działające podczas jazdy po torach kolejowych.

Zalety eksploatacyjne rozwiązania:

- możliwość montażu naczep na wózki równocześnie dla kilku lub kilkunastu naczep, a po montażu połączenie ich w pociąg (skrócenie czasu formowania składu pociągu),
- możliwość wyłączenia ze lub włączenia do składu pociągu dowolnej naczepy, znajdującej się wewnątrz składu pociągu,
- łączenie naczep w składy dwuczłonowe, zaopatrzone na końcach w urządzenia pociągowo zderżne pozwala na doczepienie składów dwuczłonowych na końcu pociągu towarowego (masa składu dwuczłonowego jest w przybliżeniu równa masie towarowego wagonu czterosiowego ~80 t, zatem zderzaki są zdolne do przeniesienia i pochłonięcia energii przy nabieganiu składów dwuczłonowych na ostatni wagon pociągu towarowego),
- relatywnie mały rozstaw czopów skrętu między wózkiem przednim i tylnym tworzy lepsze warunki wpisywania się naczepy w zarys skrajni taboru w porównaniu do systemów ruchoma szosa, modalohr oraz bimodalnego,

- znaczące zmniejszenie masy pociągu w porównaniu do systemów ruchoma szosa i modalohr,
- prosty terminal przeładunkowy, bez dodatkowej infrastruktury przeładunkowej.

## 5. Podsumowanie

Ze względu na nowatorski, niekonwencjonalny układ biegowy pociągu w celu dalszego rozwoju projektu należy podjąć szereg niezbędnych analiz konstrukcyjnych oraz symulacyjnych badań teoretycznych między innymi w zakresie oceny:

- bezpieczeństwa ruchu pociągu na torze prostym i na łukach,
- wytrzymałości konstrukcji naczepy oraz elementów i zespołów układu biegowego pociągu,
- kinematyki ruchu pociągu przy różnych konfiguracjach torów,
- spełnienia warunków skrajni kinematycznej wg przepisów UIC 505-1 oraz 506-1.

Oddzielnym, nie rozpoznany szczegółowo na tym etapie prac koncepcyjnych problemem jest spełnienie wymagań dotyczących hamowania składu pociągu. Pod względem struktury budowy pociągu proponowane rozwiązanie można porównać z systemem „ruchoma szosa”, gdzie wspólnym parametrem układów biegowych jest mała średnica kół wózków kolejowych (450 mm). W systemie „Ro-La” zastosowano hamulec tarczowy, mocując tarcze hamulcowe na kołach osi zestawów kołowych. W prezentowanym w niniejszej publikacji rozwiązaniu, jest to niemożliwe ze względu ograniczenia wynikające z przyjętej koncepcji układu biegowego. Teoretycznie istnieją możliwości konstrukcyjne zabudowy hamulca niekonwencjonalnego, zwłaszcza, że masa „wagonu” wg prezentowanej koncepcji jest ~15 ton mniejsza od załadowanego wagonu systemu „ruchoma szosa”.

Proponowana nowatorska koncepcja transportu naczep drogowych w ruchu kombinowanym, kolejowo-drogowym stanowi nowe wyzwanie dla projektantów i naukowców branży taboru kolejowego. Wdrożenie do eksploatacji nowego systemu transportu intermodalnego może istotnie przyczynić się do komodalności dwóch gałęzi transportu, kolejowego i drogowego.

Zaprezentowana koncepcja systemu transportu naczep drogowych na wózkach kolejowych oraz szczegółowe rozwiązania techniczne zastosowane w projekcie zostały zgłoszone do ochrony patentowej w Urzędzie Patentowym RP.

## **Literatura**

- [1] *Medwid M., Studium tworzenia intermodalnych środków technicznych transportu lądowego w szczególności taboru bimodalnego, Rozprawy, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań 2008.*
- [2] *Medwid M., Polski system transportu kolejowo-drogowego [Bimodalnego] typu „Tabor”, Monografia, Wydawnictwo IPS „TABOR”, Poznań 2006.*
- [3] *Medwid M., Cichy R., System transportu przyczep drogowych po torach kolejowych i tramwajowych, Pojazdy Szynowe nr 2/2010, Wydawnictwo IPS „TABOR”.*