

Innowacyjny system do transportu intermodalnego na bazie wagonu z obrotową platformą

Wiesław KRASOŃ¹, Tadeusz NIEZGODA², Wiesław BARNAT³

Streszczenie

W Polsce nie wdrożono dotychczas systemu do transportu intermodalnego. W europejskim transporcie kolejowym w ostatnich latach wprowadzano systemy kombinowane oparte m.in. na przeładunku pionowym lub poziomym. Systemy te wymagają rozbudowanych terminali przeładunkowych wyposażonych, np. w urządzenia przeładunku pionowego o odpowiednim udźwigu lub inne drogie i skomplikowane urządzenia umożliwiające realizację czynności załadunkowych i wyładunkowych. Innowacyjny system proponowany w artykule bazuje na specjalnym wagonie z płaską i nisko posadowioną, obrotową platformą ładunkową. Taki wagon może być używany do transportu różnych pojazdów, np. ciągników, samochodów ciężarowych, przyczep, naczep i kontenerów. System, w którym zastosowano specjalne wagony stwarza możliwość łatwego i szybkiego autonomicznego załadunku pojazdów (bez dodatkowych urządzeń dźwigowych), nie wymaga zastosowania specjalnej infrastruktury oprócz płaskiego peronu o wzmocnionej powierzchni i każdy wagon może być rozładowywany oddzielnie. W artykule przedstawiono koncepcję systemu intermodalnego z innowacyjnym wagonem i zastosowane rozwiązania konstrukcyjne.

Słowa kluczowe: wagon specjalny z obrotową platformą ładunkową, system transportu intermodalnego, wybrane problemy zastosowania istniejącej infrastruktury kolejowej

1. Wstęp

W Polsce nie wdrożono dotychczas systemu do transportu intermodalnego. W europejskim transporcie kolejowym wprowadzano w ostatnich latach technologie transportu kombinowanego oparte na przeładunku pionowym, poziomym lub inne [6, 15, 16]. Systemy te wymagają rozbudowanych terminali przeładunkowych wyposażonych, np. w urządzenia przeładunku pionowego o odpowiednim udźwigu lub inne drogie i skomplikowane urządzenia umożliwiające realizację czynności załadunkowych i wyładunkowych. W ostatnich latach najnowszym rozwiązaniem rozwijanym w Europie jest system przewozu kolejną samochodów ciężarowych typu ciągnik naczepa opracowany przez firmę francuską [15]. System ten wymaga rozbudowanej infrastruktury w szczególności peronów oraz konieczność odpowiedniego utrzymania urządzeń peronu szczególnie w warunkach zimowych, co zwiększa koszty jego eksploatacji. Zaproponowany przez Wojskową Akademię Techniczną wagon do transportu intermodalnego z obrotową platformą niskopodłogową [1, 2, 8] zapewni możli-

wość łatwego i szybkiego autonomicznego załadunku, a następnie przewozu i autonomicznego rozładunku samochodów ciężarowych bez konieczności znaczącego inwestowania w rozwój infrastruktury dodatkowej na peronie przeładunkowym.

W przeglądzie nowych rozwiązań do transportu intermodalnego na rynku europejskim, należy także wymienić system Cargo Beamer [6]. Naczepa z ładunkiem jest w nim ładowana na sanie z zabudowaną płytą najazdową. Mogą się one poruszać prostopadłe i wzdłuż toru między specjalnie wyposażoną rampą na terminalu i specjalnie przystosowanym pojazdem szynowym. Rozładunek i załadunek san jest sterowany półautomatycznie lub w pełni automatycznie. Sanie są zamontowane na rolkach, które poruszają się po specjalnych bieżniach na pojeździe i na platformie. Zaletą systemu jest to, że rozładunek i załadunek na pojazd szynowy mogą być wykonane kolejno lub równolegle, w zależności od wyposażenia (liczby bieżni i wielkości platformy) na terminalu. Jednostka sterująca dla tej operacji może być instalowana na pojeździe szynowym lub na terminalu. System ten wymaga jednak, podobnie jak rozwiązanie firmy francuskiej [15], rozbudowanej

¹ Dr inż.; Wojskowa Akademia Techniczna, Wydział Mechaniczny; e-mail: wieslaw.krason@wat.edu.pl.

² Prof. dr hab. inż.; Wojskowa Akademia Techniczna, Wydział Mechaniczny; e-mail: tniezgoda@wat.edu.pl.

³ Dr hab. inż.; Wojskowa Akademia Techniczna, Wydział Mechaniczny; e-mail: wieslaw.barnat@wat.edu.pl.

infrastruktury na terminalu przeładunkowym. Decyduje to o mniejszej elastyczności systemu, szczególnie w zakresie możliwości zaadaptowania na jego potrzeby istniejącej infrastruktury kolejowej.

Na targach InnoTrans w Berlinie 2010 zaprezentowano oryginalną szwedzką konstrukcję wagonu do transportu naczep samochodów ciężarowych. Wagon MEGASWING [4] jest wyposażony w obrotową platformę niskopodłogową, która podczas załadunku / rozładunku jest obracana względem niesymetrycznie zlokalizowanego węzła obrotowego, umieszczonego w końcowej części wagonu nad jego częścią nadwózkową. Drugi koniec ruchomej platformy przemieszczany poza obrys wagonu, jest wyposażony w specjalny mechanizm jezdny współpracujący z ramionami wysięgowymi, stabilizowanymi za pomocą hydraulicznych podpór na powierzchni rampy peronu przeładunkowego.

Omawiane rozwiązanie preferuje załadunek na wagon przez wprowadzenie naczepy tyłem za pomocą specjalnego ciągnika. Stanowi to pewne ograniczenie związane z koniecznością wymiany ciągnika drogowego na specjalny ciągnik o zwiększonej manewrowości operujący na rampie, a także zatrudnieniem wykwalifikowanej obsługi. Wpływa to niewątpliwie na wydłużenie czasu i zmniejszenie efektywności operacji załadowczo-wyładowczej na peronie. Wagon z obrotową platformą niskopodłogową zapewni możliwość załadunku autonomicznego, tj. bezpośrednio z wykorzystaniem ciągnika drogowego. Obrotowa platforma ładunkowa wagonu jest przelotowa. Załadunek jest realizowany przez najazd ciągnika przodem z obu stron wagonu na obróconą platformę wagonu z rampy, zjazd ciągnika po drugiej stronie wagonu, ustawienie, a następnie automatyczne wypięcie naczepy. Tak rozumiany załadunek i wyładunek naczepy może wykonywać bezpośrednio kierowca ciągnika drogowego, który dostarcza naczepę i jej ładunek od / do klienta.

Rodzimy wagon specjalny może być zastosowany do transportu kolejowego naczep. Umożliwia on także transport różnego typu pojazdów, takich jak: ciągniki, ciężarówka, przyczepy, kontenery, sprzęt ciężki oraz kompletne zestawy o długości do 14 m. Taki wagon ma ramę z częściami krańcowymi zamontowanymi na standardowych dwuosioowych wózkach i część środkową obniżoną względem części nadwózkowych, obrotową platformę ładunkową ułożoną poziomo ponad obniżoną częścią środkową ostoi wagonu.

Koncepcja takiego wagonu platformy zaprezentowana w niniejszym artykule, jako głównego elementu nowatorskiego systemu do przewozów intermodalnych, spełnia następujące założenia konstrukcyjne:

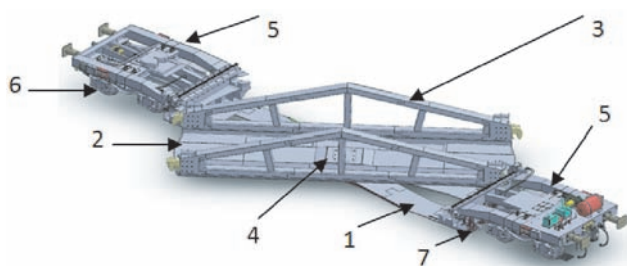
1. Wymiary zewnętrzne wagonu-platformy wynikają ze skrajni GB1 oraz wymiarów bazowej naczepy o wysokości 4 m i masie 36 ton, przyjętej do prac konstrukcyjnych.

2. Platforma jest oparta na dwóch standardowych dwuosioowych wózkach kolejowych typu Y25 o dopuszczalnym nacisku na oś 22,5 tony [2, 16].
3. Rama – ostoja ma części nadwózkowe i obniżoną płytę denną do zabudowy ruchomego nadwozia wagonu, która z uwzględnieniem roboczej deformacji konstrukcji zapewnia minimalny prześwit obniżonej płyty ramy nad główką szyny, większy niż 130 mm [2].
4. Część obrotowa wagonu umożliwia samodzielny wjazd zestawu ciągnika i naczepy z jednej i wyjazd z drugiej strony (nadwozie wagonu jest przelotowe).
5. Ruch obrotowy platformy ładunkowej w wersji prototypowej wagonu jest wymuszany za pomocą mechanizmu złożonego z przekładni typu listwa zębata – zębatka napędzanego silnikiem hydraulicznym. Ruch obrotowy obniżonej platformy ładunkowej jest realizowany względem węzła centralnego związanego z ramą – ostoją wagonu na obniżonym dnie ramy [1, 8].
6. Węzeł obrotowy zaprojektowano tak, że nie jest poddany dużym obciążeniom, ani w trakcie przejazdu, ani podczas operacji załadunku / rozładunku.
7. W trakcie załadunku, w celu ustabilizowania platformy, będzie ona podparta na główkach szyn na dodatkowych podporach sterowanych hydraulicznie.
8. Podczas transportu, burty części obrotowej nadwozia wagonu będą połączone z częścią nadwózkową za pomocą specjalnych zamków, które będą blokowane za pomocą siłowników hydraulicznych.
9. Pod końcami części obrotowej nadwozia wagonu, tj. ruchomej platformy ładunkowej będą umieszczone rolki ułatwiające jej przemieszczanie po peronie i jednocześnie stanowiące dodatkową podporę platformy ładunkowej w procesie załadunku / rozładunku.
10. W częściach nadwózkowych wagonu jest zabudowany mechanizm umożliwiający regulację wysokości położenia ramy wagonu nad wózkami jezdnyymi. Taki mechanizm może być wykorzystany podczas operacji załadowczo-rozładowczych do dopasowania wysokości położenia płyty jezdnej platformy obrotowej względem poziomu rampy peronu, tak aby umożliwić bezkolizyjny najazd obracanej platformy ładunkowej wraz z rolkami wspomagającymi na wzmocnioną powierzchnię krawędzi peronu [1, 8].

W artykule opisano podstawowe założenia, istotę rozwiązania konstrukcyjnego oraz omówiono budowę nowatorskiego wagonu z obrotową platformą niskopodłogową wraz z dodatkowymi elementami systemu do przewozów intermodalnych. Przedstawiono wybrane aspekty wdrożenia i możliwości eksploatacji takiego systemu z zastosowaniem standardowej infrastruktury PKP.

2. Wagon kolejowy z obrotową platformą – główny element innowacyjnego systemu

Wagon kolejowy z obrotową platformą ładunkową jest podstawowym elementem innowacyjnego systemu transportu naczip omawianego w artykule. Budowę takiego wagonu w wersji prototypowej omówiono szczegółowo w innych pracach autorów [5, 9, 10]. Na rysunku 1 przedstawiono wizualizację kompletnego wagonu według dokumentacji 3D projektu wykonawczego prototypu wagonu wraz ze wszystkimi instalacjami oraz dodatkowym osprzętem w widoku z platformą ładunkową w położeniu obróconym do pozycji załadowczo-rozładowczej. Wagon według tego rozwiązania wyposażono w nisko umieszczoną ramę podwozia (1) oraz platformę obrotową nadwozia (2) o wzmocnionej konstrukcji burt (3), wyposażoną w rolki obrotowe znajdujące się pod spodem platformy, ułatwiające obrót względem ramy podwozia. Platforma jest obracana względem podwozia i peronu załadowczo-wyładowczego dzięki zastosowaniu węzła obrotowego (4) umieszczonego w centralnej części wagonu. Wagon ma konstrukcję nośną nadwózkową (5), znajdującą się nad wózkami jezdny (6) na obydwu końcach podwozia. Wagon może ponadto zawierać stabilizatory w postaci dodatkowych podpór hydraulicznych (7) zamontowanych pod obniżoną płytą podwozia i przystosowanych do podpierania wagonu na szynach w trakcie załadunku i rozładunku wagonu.

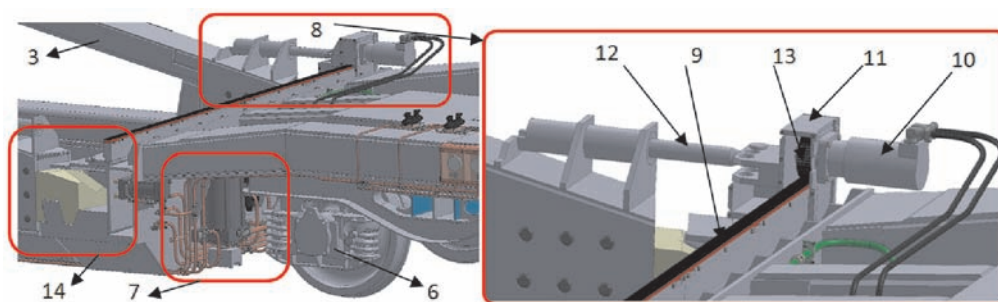


Rys. 1. Wagon prototypowy w widoku z platformą ładunkową w położeniu po jej obróceniu do pozycji załadowczo-rozładowczej [opracowanie własne]

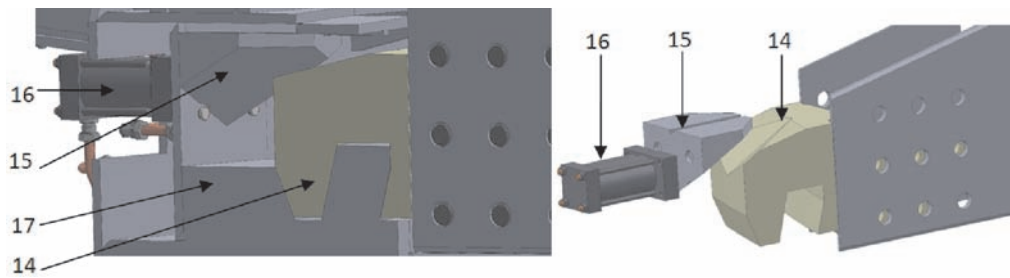
Za wymuszenie ruchu obrotowego platformy ładunkowej nadwozia (2) odpowiadają mechanizmy (8) (rys. 2) znajdujące się po obu wewnętrznych stronach części nadwózkowej wagonu. Budowę mechanizmu obracającego platformę ładunkową i widok fragmentu części nadwózkowej z zamkami burtowymi i podporami stabilizującymi przedstawiono na rysunku 2. Składa się on z płyty, do której przymocowana jest listwa zębata (9), silnika hydraulicznego (10) napędzającego mechanizm obrotu, koła zębatego (13) współpracującego z listwą i zamocowanego w korpusie wodzika (11), prowadzącego za pomocą wysięgnika (12) burty nadwozia wagonu podczas operacji obrotu.

Ważną rolę z punktu widzenia funkcjonalności i wytrzymałości rozważanego układu konstrukcyjnego wagonu spełnia mechanizm blokowania ruchu platformy obrotowej podczas transportu ładunku. W prezentowanym rozwiązaniu konstrukcyjnym połączenie burt platformy obrotowej z częścią nieruchomą (17) ostoi wagonu jest realizowane przez odpowiednio ukształtowany zamek w postaci haka (14). Jego kształt, sposób łączenia z burtą platformy obrotowej i blokowania poprzecznego za pomocą klina (15) sterowanego hydraulicznie pokazano na rysunku 3.

Konstrukcja takiego zamka pozwala jedynie na przenoszenie obciążenia wzdłużnego, a więc nie blokuje obrotu platformy i jej ruchu w kierunku poprzecznym. Funkcję tę pełni klin (15), który jest dociskany do zamka-haka i jest blokowany za pomocą siłownika hydraulicznego (16). Precyzyjne prowadzenie klina gwarantują dwie powierzchnie skośne, nacięte na górnej powierzchni zamków, po których on się ślizga. Zarówno ukształtowanie zamka-haka, jak i klina jest tak dobrane, aby podczas dosuwania klina były zredukowane wszelkie luzy pionowe oraz poprzeczne do osi wagonu. Odpowiada za to wcięcie utworzone w haku oraz wypust na klinie w postaci ostrosłupów o podstawie trójkątnej. W trakcie załadunku lub rozładunku siłownik odsuwa klin od zamka, zwalniana jest blokada haka umożliwiając jednocześnie mechanizmowi obrotu otwarcie wagonu. W trakcie obrotu, platforma ruchoma opiera się na węźle obrotowym



Rys. 2. Widok fragmentu części nadwózkowej z zamkami burtowymi (14) i podporami stabilizującymi (7) oraz mechanizm (8) obracający platformę ładunkową wagonu [opracowanie własne]



Rys. 3. Ogólny widok złącza burtowego, sposób łączenia z burtą platformy obrotowej i blokowania poprzecznego za pomocą klina sterowanego [opracowanie własne]

na środku wagonu oraz dwóch bieżniach, po których przemieszczają się haki. Bieżnie te tworzą łuki o środku pokrywającym się ze środkiem obrotu platformy. W tej części operacji mechanizm obrotu platformy ładunkowej wspomagany jest za pomocą zestawów rolek [1, 8], które ułatwiają przemieszczenie końców platformy obrotowej względem płyty dennej ramy – ostoi wagonu, a następnie odpowiednio przygotowanej powierzchni skrajni rampy – peronu.

3. Terminal do operacji załadowczo-wyładowczych

Ważną część systemu do przewozów intermodalnych stanowią opisane stacje kolejowe przygotowane do załadunku i wyładunku wagonów specjalnych. W celu zminimalizowania kosztów budowy nowych terminali i zapewnienia operacji załadunku – rozładunku wagonów kolejowych z obrotowymi platformami ładunkowymi, opracowano koncepcję przystosowania standardowych stacji przeładunkowych-bocznic i ramp kolejowych pozostających w użyciu PKP. Segment peronu kolejowego do operacji załadowczo-wyładowczych w optymalnej wersji powinien składać się z następujących części składowych:

- toru,
- drogi dojazdowej,
- 2 placów – ramp załadowczo-wyładowczych,
- 2 dróg manewrowych przy peronach,
- drogi objazdowej.

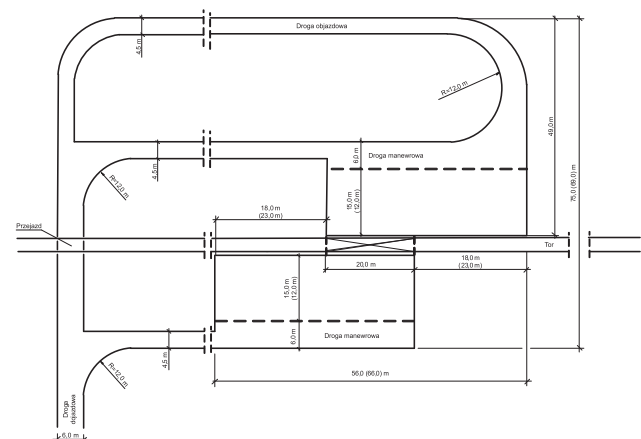
Zaproponowano następujące warianty rozwiązania rampy kolejowej:

1. Wariant I – do załadunku i rozładunku pojedynczego wagonu z obrotową platformą (rys. 4).
2. Wariant II – do jednoczesnego załadunku i rozładunku 10-ciu wagonów nowego typu (rys. 5).

Rozwiązanie w Wariacie I można zastosować po spełnieniu następujących warunków:

- rampa będzie się składać z toru bocznego lub toru żeberkowego o długości większej od długości pełnego składu (nawet do 800 m),

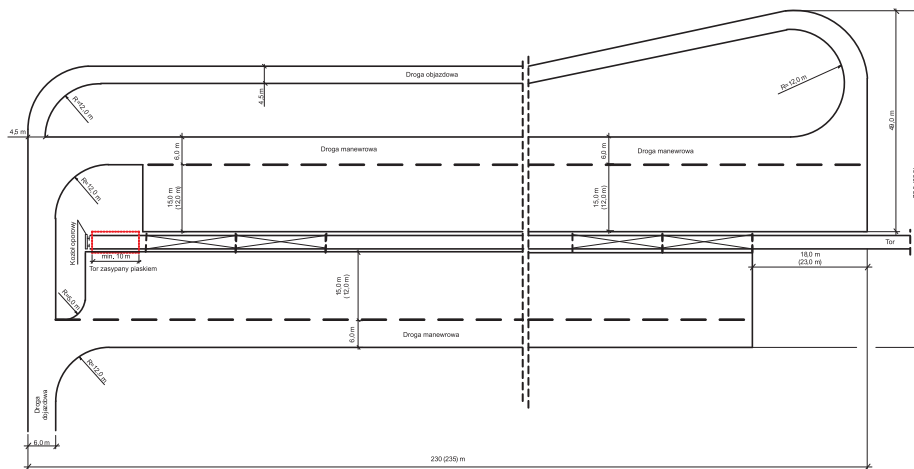
- perony będą się znajdować na początku pociągu,
- w długości peronów należy uwzględnić niedokładności ustawienia wagonu (platformy),
- „przetaczanie” składu pociągu będzie się odbywać po załadunku / rozładunku jednego pojazdu,
- czas przejazdu jednego pojazdu będzie uzależniony od długości drogi dojazdowej i objazdowej,
- droga dojazdowa będzie wykonana jako dwukierunkowa, natomiast droga objazdowa będzie jednokierunkowa,
- w długości drogi objazdowej należy uwzględnić: długość pociągu, w przypadku przejazdu przez tory (w jednym poziomie) można wykonać dwie drogi objazdowe – przed i za pociągiem (o długości około 400 m każda) lub długość wykopu (nasypu) w przypadku przejazdu bezkolizyjnego nad torami (budowa wiaduktu) lub pod torami (budowa przepustu).



Rys. 4. Schemat rampy kolejowej – Wariant I [opracowanie własne]

Rozwiązanie w Wariacie II można zastosować po spełnieniu następujących warunków:

- rampa z torem żeberkowym,
- długość peronów pozwoli na jednoczesny załadunek / rozładunek minimum 10 wagonów,
- „przetaczanie” składu pociągu będzie się odbywać po załadunku / rozładunku 10 platform (ko-



Rys. 5. Schemat ramy kolejowej – Wariant II [opracowanie własne]

nieczność budowy dodatkowego toru z rozjazdem służącego do sformowania pełnego składu),

- droga dojazdowa będzie wykonana jako dwukierunkowa, natomiast droga objazdowa będzie jednokierunkowa,
- czas przejazdu jednego pojazdu będzie uzależniony od długości drogi dojazdowej i objazdowej.

3.1. Założenia i wymagania dotyczące przystosowania ramy

Tor kolejowy w przypadku rozwiązania w Wariacie I powinien mieć długość większą od długości pełnego składu lub powinien być to tor bocznicowy (przełotowy). W przypadku rozwiązania w Wariacie II tor powinien mieć długość pozwalającą na jednoczesny załadunek / rozładunek minimum 10 platform. Przyjęto, że długość wagonu jest równa około 20 m i otrzymano wartość: $10 \cdot 20 = 200$ m. Tory powinny być zakończone min. 10-metrowym odcinkiem bezpieczeństwa, który powinien być zasypany warstwą piasku o grubości od 0,1 m do 0,3 m. Zakończeniem takich torów są koszty oporowe. Odległość pomiędzy krawędziami peronów wynosi 4,2 m (lub może być równa tylko szerokości skrajni kolejowej dla odpowiedniej prędkości projektowej).

Perony (płace) powinny umożliwiać swobodę manewrów podczas załadunku i rozładunku naczepek. Szerokość peronu jest sumą długości ciągnika z naczepą, który zatrzyma się przed wjazdem na platformę, długości platformy (ustawionych pod odpowiednim kątem względem osi toru) i szerokości drogi manewrowej. Jeżeli kąt obrotu platformy względem osi toru jest równy 45° to szerokość jest równa 21 m, natomiast w przypadku ustawienia platformy pod kątem 36° szerokość peronu wyniesie 18 m (wartości w nawiasach). Długość peronów w Wariacie I wynosi 56 (66) m lub 207 m (217) m w Wariacie II.

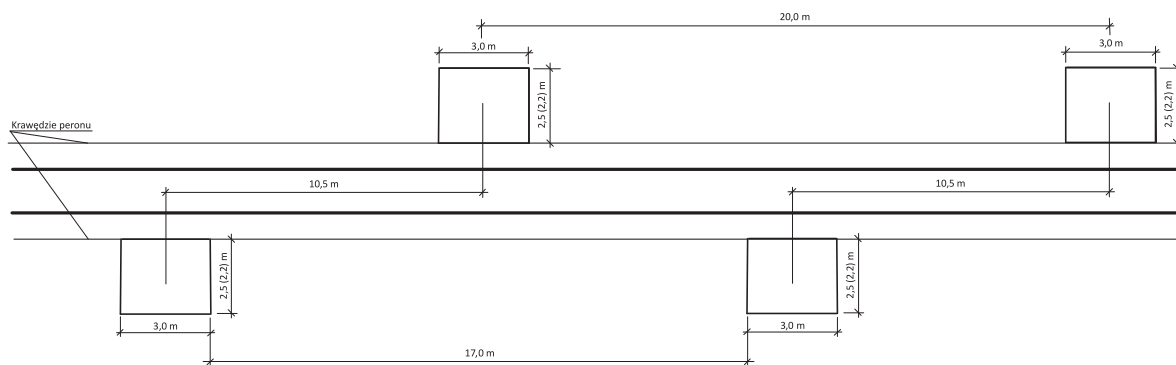
3.2. Rozwiązanie konstrukcyjne wzmocnienia krawędzi peronu

Ze względu na konieczność optymalnej współpracy skrajni peronów rozładunkowych z rolkami zamontowanymi na krawędziach skrajnych dna platformy obrotowej wagonu przewidziano:

- 1) budowę wzmocnienia krawędzi ramy/peronu przez zaprojektowanie i wprowadzenie stalowych elementów wzmacniających krawędź ramy/peronu oraz jego podłoża dla pracy rolek platformy (rys. 6),
- 2) zaprojektowanie i opracowanie konstrukcji nośnego elementu żelbetowego, wzmacniającego konstrukcję ramy/peronu, w wersji monolitycznej i prefabrykowanej.

W projekcie wzmocnienia krawędzi ramy / peronu zaproponowano trzy różne rozwiązania. Jednym z założeń proponowanego systemu jest adaptacja istniejących ramp/peronów kolejowych, które będą służyły do załadunku i rozładunku wagonów. Przyjęte w projekcie warianty wzmocnienia krawędzi peronu uwzględniają to założenie przy możliwie najmniejszej ingerencji w istniejące, standardowe ramy/perony. Rozwiązania 1 i 2 zaprojektowano szczególnie dla istniejących obiektów. Wszystkie warianty mogą posłużyć jako rozwiązanie wzmocnienia krawędzi nowo projektowanych ramp/peronów rozładunkowych.

W każdym rozwiązaniu przyjmuje się posadowienie elementu czołowego, przejmującego obciążenie pionowe oraz parcie boczne poniżej strefy przemarzania, tj. maksymalnie około 1 m poniżej obsypki toru, ewentualne zastosowanie ścianki, na gruncie nośnym rodzimym lub wzmocnionym. Dla rozwiązania 2 i 3 uwzględnia się typowe ograniczenie możliwości odślonięcia boków fundamentu od strony czołowej do odcinkowego 1 m. Wprowadzono 3 rozwiązania ze



Rys. 6. Rampa kolejowa – schemat rozmieszczenia stalowych płyt wzmacniających powierzchnię peronów [opracowanie własne]

względów ekonomicznych, każde z nich ma swoje wady i zalety, głównie związane z wykorzystaniem dźwigu do posadowienia elementów prefabrykowanych, co przy mniejszych inwestycjach jest znaczącym kosztem.

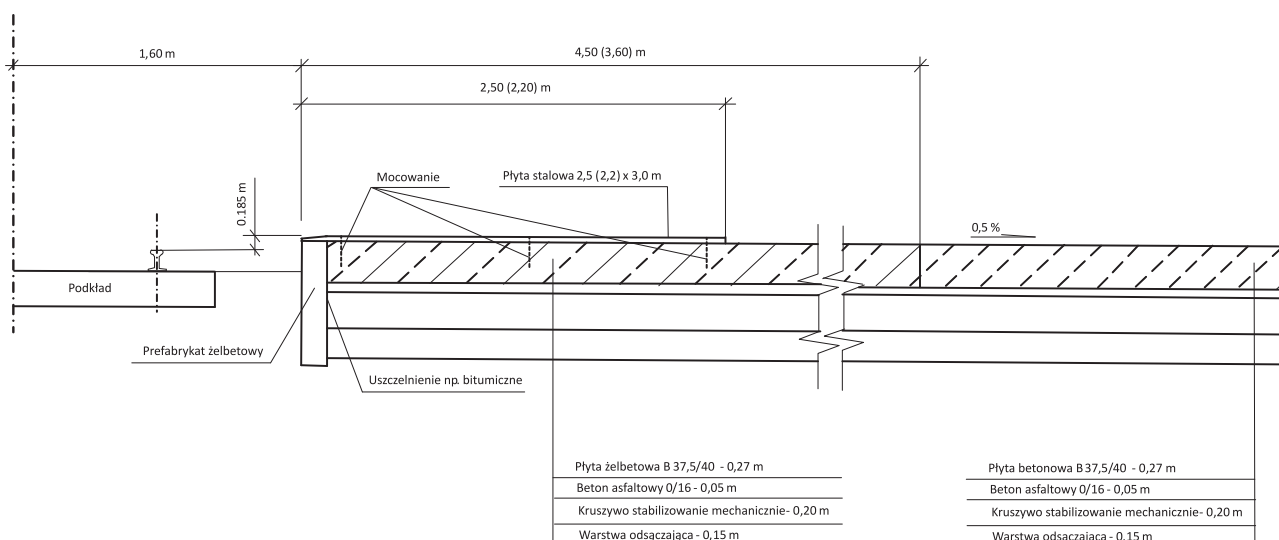
W celu ograniczenia kosztów rozwiązania wzmocnienia strefy najazdu, zaleca się w każdym rozwiązaniu dokładne wyrównanie powierzchni płyty peronu pod płytę stalową. Ze względu na małą powierzchnię wyrównanie nie będzie stanowiło problemu, a istotnie zmniejszy koszty stosowania rozbudowanych węzłów stalowych, w celu regulacji niskiego poziomu wykonawstwa żelbetu. Przed montażem płyty stalowej należy dodatkowo wyrównać powierzchnię płyty żelbetowej cienkowarstwową zaprawą lub zaczynem cementowym M10.

Wzmocnienie krawędzi rampy/peronu (rys. 6) zaprojektowano jako stalowe, wykonane z kątownika marki L 60x5 zaopatrzonego w wąsy do zabetonowania. Wzmocnienie warstwy wierzchniej rampy / peronu zaprojektowano jako płytę stalową o wymiarach

250x300 cm o minimalnej grubości 12 mm, spawanej po obwodzie do marek z kątownika i blach na pozostałych krawędziach. Przed ułożeniem płyty stalowej należy wyrównać powierzchnię płyty żelbetowej zaprawą cienkowarstwową lub zaczynem M10. Płyta stalowa jest fazowana po obwodzie w celu ułatwienia najazdu rolek platformy wagonu (rys. 7). Elementy konstrukcji żelbetowej – ścianki fundamentowe należy zabezpieczyć Abizolem P+ R do wysokości min. 30 cm powyżej warstwy wierzchniej torowiska, a w pozostałych miejscach do dolnego poziomu płyty żelbetowej. Przekrój porzecznny, ilustrujący budowę i wzmocnienie krawędzi skraju rampy kolejowej przedstawiono na rysunku 7.

3.3. Organizacja ruchu na terminalu przeładunkowym

W przypadku zaproponowanych rozwiązań rampy w wariantach I i II, organizacja ruchu podczas ładowania i rozładowania naczep z wagonów będzie podob-



Rys. 7. Rampa kolejowa – przekrój poprzeczny z widokiem przykładowego wzmocnienia krawędzi peronu [opracowanie własne]

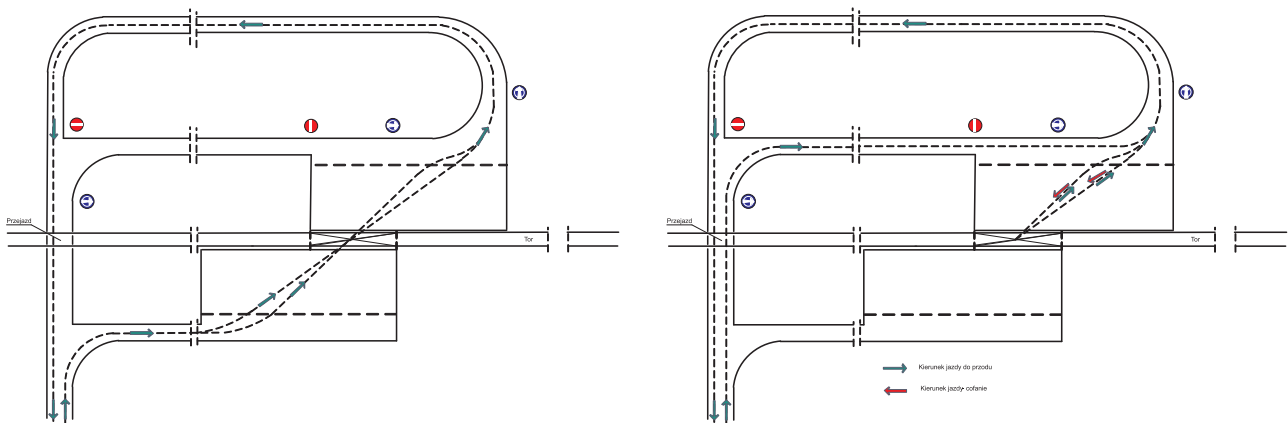
na. Schematy organizacji operacji załadunku i rozładunku dla rozwiązania w Wariantcie I przedstawiono na rysunku 8 zaś dla rozwiązania w Wariantcie II na rysunku 9. Ruch zestawów podczas załadunku będzie odbywał się drogą dojazdową i peronem, dalej nastąpi wjazd ciągnika z naczepą na platformę, odczepienie naczepy i zjazd ciągnika na prawą stronę przez peron i drogę manewrową, dalej drogą objazdową do drogi dojazdowej. Rozładunek będzie realizowany w ten sposób, że ciągnik pojedzie drogą dojazdową, skróci w prawo w drugą drogę manewrową i przejedzie taką odległość, aby mógł wykonać manewr cofania na platformę. Po zaczepieniu naczepy zjazd odbędzie się analogicznie jak w przypadku załadunku.

4. Innowacyjny system do transportu intermodalnego

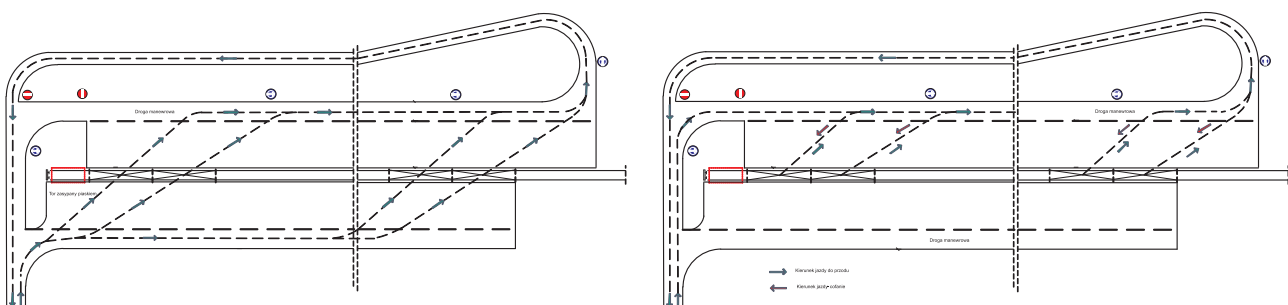
Wagony specjalne z obrotowymi platformami ładunkowymi, omówione w punkcie 2 artykułu, mogą być zestawiane w składach kolejowych do przewozu naczep samochodów ciężarowych. Ze względu na rozwiązania konstrukcyjne zastosowane w budowie wagonu, składki o odpowiedniej długości wraz z załadowanymi naczepami i ich ładunkiem o masie całkowitej do 36 ton mogą być przewożone po standardowych

liniach kolejowych wykorzystywanych w Polsce i stanowiących własność PKP.

Do załadunku i rozładunku takich składów konieczne są kolejowe stacje końcowe bądź także stacje pośrednie z dostępem do toru i rampy o odpowiednich wymiarach (punkt 3), umożliwiających zorganizowanie operacji załadowczo-wyładowczych [7, 14]. Stacje takie będą nazywane dalej terminalami załadowczo-wyładowczymi. W skład innowacyjnego systemu do transportu intermodalnego za pomocą wagonów z obrotowymi platformami ładunkowymi wchodzi więc dodatkowo terminale załadunkowo-rozładunkowe. Terminale takie powinny być wyposażone w odpowiednie rampy kolejowe. Wymagania, założenia konstrukcyjne oraz organizację operacji załadowczo-wyładowczych na takich terminalach z wydzielonymi rampami kolejowymi przedstawiono w punkcie 3 artykułu. Terminale takie mogą być zlokalizowane w dogodnych punktach przygranicznych ze standardowymi liniami kolejowymi, dobrze skomunikowanymi z węzłowymi stacjami kolejowymi w kraju, w tym ze szczególnym zwróceniem uwagi na przeładunkowe stacje graniczne w kierunkach głównych zachód-wschód kraju i północ-południe do obsługi przewozów intermodalnych. Załadunek i rozładunek całych składów złożonych z wagonów specjalnych z obrotowymi platformami ładunkowymi, bądź



Rys. 8. Wariant I – organizacja ruchu podczas załadunku i wyładunku [opracowanie własne]



Rys. 9. Wariant II – organizacja ruchu podczas równoczesnego załadunku i wyładunku 10 wagonów [opracowanie własne]

pojedynczych wybranych wagonów z dowolnej części składu, może odbywać się także na terminalach pośrednich w postaci stacji kolejowych z odpowiednio przystosowanymi rampami załadowczo-wyładowczymi. W ramach proponowanego systemu przewiduje się wykorzystanie istniejących linii kolejowych i w miarę możliwości istniejącej infrastruktury kolejowych stacji przeładunkowych, stanowiących własność PKP. Schemat ideowy proponowanego systemu zilustrowano na rysunku 10.

Zakłada się, że ciągniki służące do załadunku i wyładunku mogą operować w bezpośrednim sąsiedztwie terminali załadowczo-rozładowczych. Ich przeznaczeniem byłoby dostarczenie naczepek wraz z ładunkiem, przewidzianych do transportowania na wskazany terminal z oczekującym składem wagonów specjalnych, a następnie załadunek naczepek na wagony. Po odłączeniu i pozostawieniu naczepek na wagonie, ciągnik może być ponownie użyty do transportu i załadunku kolejnej naczepek oczekującej na parkingu (rys. 10). Ciągniki obsługujące lokalnie terminale załadowczo-wyładowcze mogłyby być „na wyposażeniu” terminali lub mogą być dzierżawione wyłącznie w tym celu i stanowić własność przewoźnika, np. firmy przewozowej specjalizującej się w świadczeniu tego typu usług na rzecz dowolnego podmiotu gospodarczego, ponieważ nie przewiduje się ich transportu razem z naczepekami drogą kolejową. Obsługą rozładowania naczepek z wagonów na terminalu docelowym będzie zajmować się inna firma przewozowa. Naczepek, podobnie jak w przypadku załadunku, mogą także odbierać bezpośrednio ich właściciele.

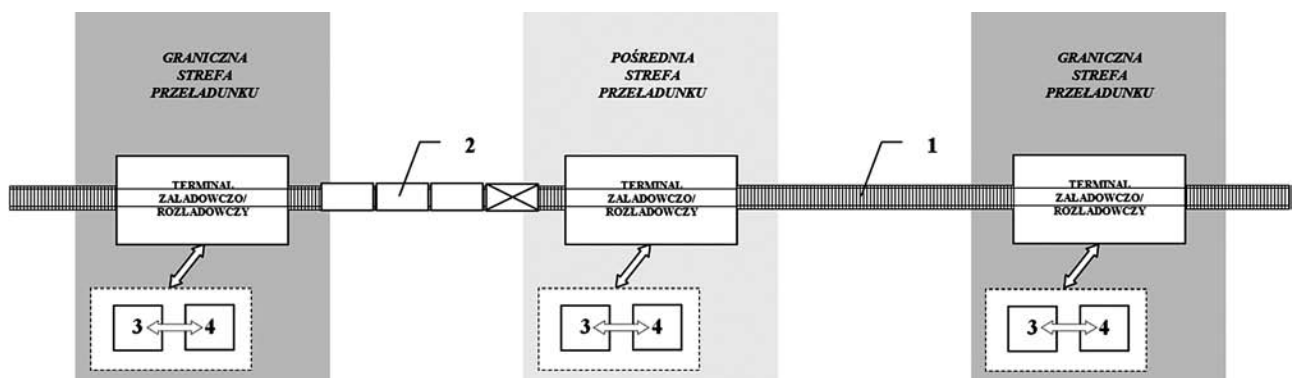
Stosowanie zestawu specjalnych wagonów kolejowych i innowacyjnego systemu do transportu intermodalnego wiąże się z wymiernymi korzyściami w postaci: przyspieszenia tranzytu samochodów ciężarowych, zmniejszenia szkodliwości oddziaływania na środowisko naturalne, zredukowania stopnia zniszczenia dróg publicznych przez przejazdy cięż-

kich samochodów, zwiększenia zdolności jednorazowego pokonywania długich dystansów, co ma szczególne znaczenie przy przewożeniu towarów o dużych masach, zmniejszenia ruchu na drogach i zwiększenia, związanego z nim bezpieczeństwa dróg publicznych, skrócenia czasu dostawy towaru do odbiorcy, między innymi dzięki mniejszej wrażliwości transportu kolejowego na niekorzystne warunki pogodowe (zwłaszcza w okresie zimy) oraz eliminacji postoju samochodów ciężarowych na przejściach granicznych, a także obniżenia kosztów przejazdu samochodów ciężarowych. Wprowadzenie innowacyjnego systemu transportu naczepek samochodowych ciężarowych pozwoli także na:

- poprawę stanu infrastruktury kolejowej i zwiększenie jej niezawodności, przez umiejętne wykorzystanie funduszy strukturalnych Unii Europejskiej,
- podniesienie jakości i rozszerzenie zakresu świadczonych usług transportu kolejowego,
- wzrost konkurencyjności krajowych przewoźników w ramach liberalizacji polityki transportowej Unii Europejskiej.

5. Podsumowanie

Prace prowadzone od kilku lat w Wojskowej Akademii Technicznej pozwoliły spełnić przyjęte założenia konstrukcyjne i zaprojektować innowacyjny wagon specjalny do transportu intermodalnego, dopasowany do skrajni GB1 [13], ale zarazem uniknąć nadmiernej masy poszczególnych podzespołów, zwiększyć ich sprawność wykonawczą, niezawodność działania, podatność eksploatacyjną lub zmniejszyć koszty budowy wagonu oraz zminimalizować zakres koniecznego dostosowania standardowej (np. dla PKP) infrastruktury peronu przeładunkowego [11–13]. Efektem tych prac jest prototypowa wersja wagonu i bazująca na niej koncepcja systemu do transpor-



Rys. 10. Schemat ideowy innowacyjnego systemu do transportu naczepek: 1) standardowa linia kolejowa PKP, 2) skład intermodalny złożony z wagonów z obrotową platformą ładunkową i lokomotywy, 3) baza ciągników siodłowych, 4) parking postoju czasowego naczepek przeznaczonych do transportu [opracowanie własne]

tu intermodalnego [3]. Opracowano dokumentację techniczną (rysunki złożeniowe oraz wykonawcze detali konstrukcyjnych w wersji prototypowej), umożliwiającą wyprodukowanie w skali 1:1 wagonu, który będzie mógł poruszać się po torach z zachowaniem obowiązującej skrajni kolejowej. Autorskie, oryginalne rozwiązania konstrukcyjne, zastosowane w budowie wagonu są chronione krajowymi i zagranicznymi (europejskimi) patentami [1, 2, 8].

Kolejnym etapem niezbędnym do zastosowania innowacyjnego wagonu w praktyce jest budowa prototypu zaproponowanego obiektu. Wyprodukowanie rzeczywistej konstrukcji umożliwi weryfikację zastosowanych rozwiązań i sprawdzenie funkcjonalności wagonu w praktyce. Zbudowanie prototypu umożliwi opracowanie dokumentacji produkcyjnej, koniecznej do wykonania serii próbnej wagonów oraz pozwoli na wykonanie niezbędnych badań eksperymentalnych i eksploatacyjnych, przewidzianych w normach krajowych i regulacjach branżowych.

Osiągnięcie wspomnianych korzyści z wdrożenia innowacyjnego systemu transportu intermodalnego nie będzie możliwe bez wsparcia prawnego oraz nakładów finansowych w postaci adaptacji istniejących lub budowy nowych terminali przeładunkowych. Warunkiem niezbędnym do rozpowszechnienia transportu intermodalnego za pomocą zaproponowanego wagonu specjalnego jest odpowiednie przystosowanie stacji-terminali przeładunkowych z ogólnym dostępem do ich infrastruktury. Postuluje się w pierwszej kolejności uruchomienie przewozów intermodalnych na liniach kolejowych kierunku północ-południe i wschód-zachód. Na wymienionych szlakach komunikacyjnych przewiduje się największe wypełnienie składów pociągów związane z ruchem tranzytowym. Powodzenie wymienionych działań zależy również od uwarunkowań zewnętrznych. Usunięcie barier prawnych i usprawnienie ruchu kolejowego na wschodniej granicy Polski, która jest jednocześnie granicą zewnętrzną Unii Europejskiej, może zachęcić kierowców do korzystania z transportu kolejowego. Uruchamianie kolejnych kierunków przewozowych, może następować w kolejnych etapach w miarę popularyzacji systemu.

Literatura

1. *A railway wagon and a mechanism for rotating and blocking a loading floor of a railway wagon for combined transportation*, Zespół KMiIS WAT: European Patent Application, EP12170915, 2012.
2. *A railway wagon with a rotatable loading floor*, Zespół KMiIS WAT, European patent, EP10461528.1, 2013.
3. *Innowacyjna technologia kolejowego transportu samochodów ciężarowych typu TIR*, Zespół KMiIS WAT, [Sprawozdanie z pracy badawczej NCBiR], 2012.
4. Intermodal wagons-MEGASWING, 2011, [dostępny] www.kockumsindustrier.se/en-us/start/.
5. Krasoń W., Niezgoda T., Damaziak K.: *FEM driver design process of innovative intermodal truck – rail solution*. International Conference on Road and Rail Infrastructure – CETRA, Croatia 2012, s. 709-715.
6. Kwaśniowski S., Nowakowski T., Zając M.: *Transport intermodalny w sieciach logistycznych*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, 2008.
7. Markusik S.: *Infrastruktura Logistyczna w Transportie*, Tom II Infrastruktura Punktowa – magazyny, centra logistyczne i dystrybucji, terminale kontenerowe, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2010.
8. *Mechanizm obrotu i blokowania platformy nadwozia wagonu kolejowego zwłaszcza do transportu kombinowanego*, Zespół KMiIS WAT, Krajowe zgłoszenie patentowe P.395135, 2011.
9. Niezgoda T., Krasoń W., Barnat W., Sławiński G.: *Badania numeryczne rozwiązań prototypowych mechanizmu obrotu platformy wagonu kolejowego do przewozu naczep typu TIR*, Problemy Kolejnictwa, Instytut Kolejnictwa, Zeszyt 153, Warszawa 2011, s. 137–146.
10. Niezgoda T., Krasoń W., Stankiewicz M.: *Simulations of Motion of Prototype Railway Wagon with Rotatable Loading Floor Carried Out in MSC Adams Software*, Journal of KONES Powertrain and Transport, Vol. 19, No. 4, 2012.
11. PN-EN 12663: Wymagania konstrukcyjno-wytrzymałościowe dotyczące pudeł kolejowych pojazdów szynowych, 2002.
12. PN-EN 13232: Kolejnictwo – tor – rozjazdy i skrzyżowania, 2004.
13. PN-EN 15273-2:2013-09: Kolejnictwo – Skrajnie – Część 2: Skrajnia pojazdów szynowych, 2013.
14. Stokłosa J.: *Transport intermodalny technologia i organizacja*, Wydawnictwo Naukowe Wyższej Szkoły Ekonomii i Innowacji, Lublin 2011.
15. www.modalohr.com/pl.htm, [dostępny 15.08.2012].
16. www.tabor.com.pl, [dostępny 15.08.2012].

Innovative System for Intermodal Transport Based on the Wagon with Rotatable Platform

Summary

There hasn't been implemented a system to intermodal transport in our country so far. In European railway transport in recent years, have been implemented combined systems based on horizontal or vertical reloading or others systems. These systems require developed reloading terminals equipped, for example, with vertical reloading devices of accurate load capacity or other expensive and complicated devices enabling loading and unloading activities. The innovative system proposed in the paper based on the special railway wagon with a rotatable, low and flat loading floor. It can be used for transporting various types of vehicles, for example, tractors, trucks, trailers, semitrailers, cargo containers. The railway system used special wagons allows quick and convenient, self loading and unloading of vehicles (no cranes needed); no platform infrastructure is required, instead of hardened, flat, surface; no need for hubs, terminals or special logistics; each wagon can be operated separately. Idea of the intermodal system with innovative railway wagons and used constructional solutions will be presented in the paper.

Keywords: special wagon with the rotatable loading platform, intermodal transport system, selected problems in the application of the existing infrastructure

Инновационная система для интермодального транспорта на основании вагона с вращающейся платформой

Резюме

В нашей стране пока не была введена система для интермодального транспорта. В европейском рельсовом транспорте в последнее время были введены комбинированные системы основаны на вертикальной, горизонтальной и других типах перегрузок. Эти системы требуют развитых перегрузочных комплексов, оборудованных напр. устройствами для вертикальной перегрузки с подходящей несущей способностью или другими дорогими и сложными устройствами для погрузки и разгрузки. Инновационная система предлагаемая в нынешней работе основана на специальном вагоне с плоской и низко расположенной, вращающейся грузовой платформой. Такой вагон может быть использован для транспорта разных транспортных средств, например: тракторов, прицепов, полуприцепов и контейнеров. Система, в которой используются специальные вагоны делает возможным легко, быстро и автономически загрузить транспортные средства (без дополнительных устройств с кранами), не требует специальной инфраструктуры кроме плоского перрона с укрепленной поверхностью и каждый вагон может быть разгружен отдельно. В работе будет разработана концепция такой интермодальной системы с инновационным вагоном и использованные конструкционные решения.

Ключевые слова: специальный вагон с вращающейся грузовой платформой, система интермодального транспорта, избранные вопросы использования существующей