

## SYSTEM SPECJALNY DO TRANSPORTU POJAZDÓW CIĘŻKICH

Wiesław BARNAT\*, Wiesław KRASON\*, Krzysztof ORŁOWSKI\*

\* Wydział Mechaniczny, Wojskowa Akademia Techniczna  
e-mail: wbarnat@wat.edu.pl, wkrason@wat.edu.pl, korlowski@wat.edu.pl

Artykuł wpłynął do redakcji 30.12.2012 r., Zweryfikowaną i poprawioną wersję po recenzjach i korekcie otrzymano w grudniu 2013 r.

© Zeszyty Naukowe WSOWL

*W europejskim transporcie kolejowym stosowano w ostatnich latach systemy bazujące na przeładunku pionowym lub poziomym. Załadunek i rozładunek w systemach pionowych i poziomych wymaga zastosowania specjalnych terminali z wyposażeniem dodatkowym. Pojazdy wjeżdżają z rampy kolejowej poprzez ostatni wagon używając napędu własnego (system poziomy). W pracy przedstawiono specjalny wagon kolejowy z płaską i nisko umieszczoną obrotową platformą. Konstrukcja ta może być używana do transportu różnego typu pojazdów, takich jak ciągniki, ciężarówki, przyczepy, naczepy i kontenery. Wagon umożliwia szybki i wygodny załadunek i rozładunek pojazdów (bez urządzeń dźwigowych), samozaładunek i rozładunek bez terminali i specjalnego zabezpieczenia logistycznego, wymagany jest tylko utwardzony peron bez dodatkowej infrastruktury; każdy wagon może być załadowany-rozładowany oddzielnie.*

**Słowa kluczowe:** wagon z obrotową platformą ładunkową, transport intermodalny, systemy transportowe

### WSTĘP

Transport jest jednym z najważniejszych czynników stymulujących rozwój gospodarczy. Sprawnie funkcjonujący, nowoczesny system transportowy pozytywnie wpływa na gospodarkę narodową, natomiast poważne zaniedbania w tym obszarze znacznie mogą ograniczyć możliwość jej dynamicznego rozwoju [1].

Wszystkie gałęzie transportu z innymi ogniwami gospodarczymi tworzą system transportowy, który jest podstawą współczesnej logistyki. System ten można identyfikować jako dynamiczne zmiany zachodzące w czasie i przestrzeni, konfiguracji sieci i połączeń transportowych, realizowanych przy użyciu odpowiednich środków transportu. Optymalne wykorzystanie szeroko definiowanej infrastruktury transportowej musi być podporządkowane wymogom i zasadom logistyki. Uzyskany efekt powinien być maksymalny, przy możliwie niskich nakładach i wysokim poziomie obsługi klienta. W infrastrukturze transportu podstawową rolę odgrywają obiekty infrastruktury liniowej i punktowej. Poznawanie i badanie potrzeb i oczekiwań klienta, przewidywanie jego przyszłych wymagań, konieczność obniżania kosztów i czasu trwania procesu produkcyjnego, wzrost popytu na wyroby ekskluzywne, optymalizacja procesów zaopa-

trzenia i dystrybucji, stały się podstawą poszukiwania nowych rozwiązań w sferze transportu. Rozwiązania z zakresu technik i technologii mających usprawnić przeładunki i przewozy poprzez zastosowanie różnych form jednostkowania ładunków w obszarze rozwiązań organizacyjnych, technicznych, ekonomicznych i prawnych. Poszukiwano możliwości przewozu ładunków poprzez łączenie dwu lub więcej ogniw kolejno po sobie następujących na warunkach jednego dokumentu.

Przewoźnicy z różnych branż zaczęli poszukiwać wspólnych rozwiązań transportowych dla wielu gałęzi na płaszczyźnie:

- techniczno-technologicznej, mającej na celu dostosowanie środków transportowych z różnych gałęzi oraz urządzeń przeładunkowych i manipulacyjnych do obsługi zunifikowanej jednostki ładunkowej;
- organizacyjnej, która polega na objęciu pieczęcią przez jednego operatora procesu transportowego, gdzie jeden dokument przewozowy zabezpiecza całą trasę dostawy;
- cenowej, która wprowadza jednolite zasady i stawki dla całego procesu dostawy;
- prawnej, która obejmuje jednolitym systemem regulacji i przepisów prawnych cały proces transportowy.

Olbrzymie możliwości wspólnych rozwiązań transportowych oferuje transport intermodalny, jako ważny element polityki zrównoważonego rozwoju systemu transportowego UE. W dniu 8.03.2011 Komisja Europejska przyjęła dokument pt. Biała Księga Transportu do 2050 roku. Strategia w niej zawarta zakłada przeniesienie transportu z samochodowego do innych przyjaznych środowisku gałęzi transportu, w tym transportu kolejowego, oraz zmniejszenie emisji szkodliwych substancji do środowiska. Strategia ma również na celu utworzenie jednolitego obszaru transportu oraz osiągnięcie konkurencyjnego i oszczędnego systemu transportu. Transport intermodalny definiowany jest jako transport ładunku w tej samej jednostce ładunkowej przy użyciu różnych środków transportu, lecz bez przeładunku samego ładunku. W bardziej szerokim rozumieniu termin intermodalność stosuje się obecnie dla określenia systemu transportu wykorzystującego dwa lub więcej środków do przewiezienia intermodalnej jednostki ładunkowej lub pojazdu samochodowego w ramach zintegrowanego łańcucha logistycznego „od drzwi do drzwi” [2]. Przewozy intermodalne stworzyły podstawy do znacznego, wzajemnego zbliżenia się różnych gałęzi transportu. Głównymi przesłankami ich rozwoju były:

- ograniczenie nakładu pracy na czynności ładunkowe przy zmianie środków transportowych wykorzystywanych w logistycznych łańcuchach dostaw;
- rozwiązanie problemu zbyt małej przepustowości dróg przy ciągle wzrastającym natężeniu ruchu;
- zwiększenie bezpieczeństwa przewozów;
- ograniczenie strat spowodowanych uszkodzeniami ładunków w licznych operacjach przeładunkowych;
- skrócenie czasu przewozu ładunków poprzez zmniejszenie liczby operacji przeładunkowych oraz obniżenie kosztów przewozu;

- likwidacja lub znaczne ograniczenie ilości magazynów manipulacyjnych;
- usprawnienie odpraw granicznych i celnych;
- polityka transportowa UE.

Ponadto bardzo istotnym czynnikiem stymulującym rozwój transportu intermodalnego stały się mocno eksponowane problemy związane z ochroną środowiska naturalnego oraz proekologiczny charakter tego rodzaju transportu.

W pracy omówiono nowatorski system specjalny do transportu kolejną różnych pojazdów, a zwłaszcza naczep samochodów ciężarowych. Podstawowym elementem rozważanego systemu jest wagon z platformą ładunkową obracaną względem węzła centralnego, zamocowanego na obniżonej płycie ramy wagonu. Na tle porównywalnych systemów do transportu intermodalnego opisano koncepcję budowy wagonu specjalnego, podstawowe założenia konstrukcyjne oraz zamieszczono listę zalet i problemów do rozwiązania w związku z podjętymi próbami wdrożenia systemu.

## 1. WYBRANE SYSTEMY TRANSPORTU INTERMODALNEGO NA ŚWIECIE W KONTEKŚCIE CECH EKSPLOATACYJNYCH I ELEMENTÓW INFRASTRUKTURY

### 1.1. System transportu Modalohr

System ruchomej drogi Modalohr został opracowany przez francuskie konsorcjum Lohr [3]. Przewidziany jest do stosowania w terminalach intermodalnych w celu otrzymania wysokiej wydajności załadunku i wyładunku ciągników siodłowych z naczepami, przy dużej częstotliwości odprawiania pociągów. Francuskie konsorcjum Lohr [3] od 40 lat jest uznanym w całym świecie producentem zajmującym się projektowaniem, produkcją i sprzedażą: przyczep, naczep do przewozu samochodów, platform.

Koncepcja systemu Modalohr została zbudowana w oparciu o zastosowanie wagonu kolejowego z obniżoną podłogą i obrotową platformą do przewozu ciągników i naczep siodłowych. Na rysunku 1 przedstawiono załadunek naczepy na wagon kolejowy.



Rys. 1. Załadunek ciągnika siodłowego z naczepą na wagon kolejowy Modalohr

*Zródło: [3]*

W celu zapewnienia wysokiej niezawodności oraz niskich kosztów eksploatacji taboru, wagon nie posiada własnego napędu obrotowego ruchomej platformy. Wagony są prostymi zespołami mechanicznymi. Rozwiązanie takie zapewnia wysoką niezawodność systemu, ponieważ urządzenia do obracania ruchomej części wagonu, stanowią integralną część infrastruktury terminalu przeładunkowego. Osiągnięto w ten sposób dużą sprawność układu zamontowanego na wagonie oraz możliwość utrzymania pewności systemu otwierania wagonów, znajdującego się w terminalach przeładunkowych. Rozwiązanie takie wynikało również z rachunku ekonomicznego i założenia, że utrzymanie wyposażenia stacjonarnych stacji jest o wiele łatwiejsze niż w przypadku, gdy stanowią one część składową wagonu. Dodatkowo wagony będące w ruchu nie wymagają wyposażenia w skomplikowany system otwierania ruchomej platformy. Układy otwierania wagonów składają się z prostych, sprawdzonych i niezawodnych urządzeń. System obsługiwany jest przez załogę terminalu przeładunkowego, która jednocześnie nadzoruje załadunek lub wyładunek ciągników siodłowych z naczepami. Urządzenie do podnoszenia i obracania platformy ładunkowej zamontowane jest pomiędzy szynami [3].

System transportowy Modalohr umożliwia realizację zarówno przewozów konwojowanych, jak i niekonwojowanych. W transporcie konwojowanym kierowca podróżuje w wagonie sypialnym, który dołączany jest do składu pociągu. Ciągnik siodłowy, odłączony od naczepy w terminalu przeładunkowym, transportowany jest w tym samym składzie. Umieszcza się dwa pojazdy transportowe na jednym wagonie kolejowym. Konwojowany system transportowy, z konieczności przewozu ciągników siodłowych, obniża efektywność przewozu intermodalnego w węźle logistycznym, z powodu zmniejszonej liczby przewożonych naczep mieszczących się w składzie pociągu.

Proces załadunku i wyładunku naczepy w systemie Modalohr przebiega w sposób następujący:

- skład przygotowany do czynności manipulacyjnych wjeżdża na terminal przeładunkowy;
- obrotowe ramy wagonów, przy użyciu urządzeń do podnoszenia i obracania, ustawiane są pod kątem  $30^\circ$  w stosunku do osi wagonów i opuszczane na rampę załadowniczą;
- dostawiane są rampy najazdowe;
- ciągnik siodłowy po rampie najazdowej, wjeżdża na obrotową ramę wagonu;
- po prawidłowym ustawieniu naczepy, ciągnik jest wypinany i zjeżdża z ramy wagonu;
- urządzenie do obracania i podnoszenia, ustawia ruchomą ramę na platformie wagonu.

Analogicznie przeprowadzane są czynności na wszystkich wagonach wchodzących w skład pociągu [4].

Transport składu odbywa się po liniach kolejowych, spełniających wymagania dotyczące nawierzchni i skrajni budowli torowiska. Załadunek i wyładunek musi odbywać się na specjalnie przygotowanych terminalach załadunkowo-rozładunkowych. Terminal stanowi utwardzony plac, pośrodku którego umieszczony został tor przeładunkowy, wyposażony w urządzenia do podnoszenia i obracania ram wagonów. Wzdłuż toru umiejscowione są rampy dla pojazdów ciężarowych, ustawione pod odpo-

wiednim kątem w stosunku do toru przeładunkowego. W innym możliwym rozwiązaniu tor przeładunkowy umieszczony jest poniżej poziomu placu manewrowego dla pojazdów ciężarowych. Rozwiązanie takie pozwoliło na wyeliminowanie ramp najazdowych.

W systemie Modalohr możliwe do zastosowania są następujące rodzaje terminali przeładunkowych:

- Terminal typu 1. Przewidziany jest do wydajnej obsługi przy dużej częstotliwości odprawianych składów pociągów. Przy zastosowaniu tego typu terminala konieczne jest zbudowanie toru przeładunkowego o najmniejszej długości odpowiadającej długości pociągu. Terminal tego typu pozwala na załadunek i wyładunek w cyklu 30-minutowym.
- Terminale typu 2 i 3. Przewidziane zostały do obsługi zmniejszonego ruchu wynoszącego maksymalnie kilka pociągów na dobę. Nie wymagają dużych nakładów inwestycyjnych, ponieważ w tym układzie instaluje się ograniczoną ilość urządzeń do podnoszenia i obracania ramy załadunkowej wagonu. Kolejne wagony w celu dokonania czynności załadunku i rozładunku są przetaczane [3].

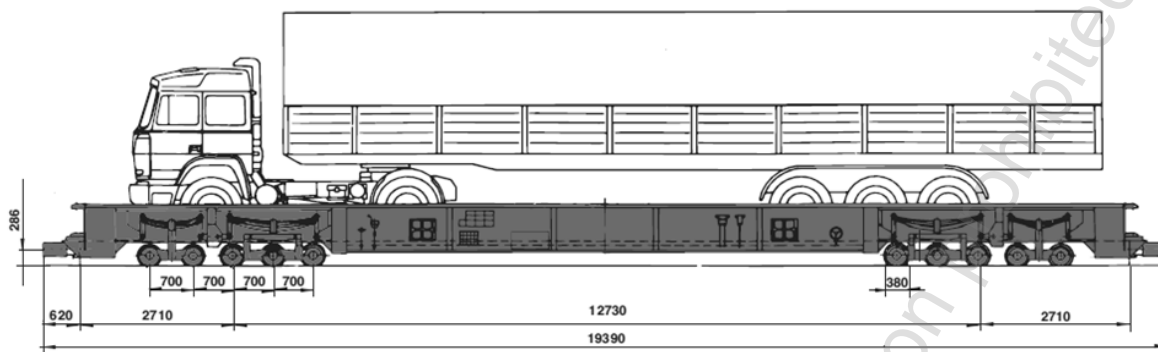
## 1.2. System ruchomej drogi

System transportu intermodalnego według technologii Rollende Landstrasse nazywany w literaturze systemem Ro-La [5, 6], ruchomej drogi, polega na przewozie kompletnych zestawów drogowych. W systemie tym możliwe jest transportowanie pojazdów ciężarowych z przyczepami o całkowitej długości 18,75 m i ciągników siodłowych z naczepami o całkowitej długości 16,5 m na specjalnych niskopodłogowych platformach kolejowych [4].

System ruchomej drogi polega na formowaniu składu pociągu z wagonów niskopodłogowych, po których przejeżdżają zestawy drogowe wzdłuż całego składu. Przewozy organizowane są zwartymi pociągami z możliwością wyposażenia składu w wagon kuszetkę do przejazdu kierowców, jako transport konwojowany. Rozwiązanie takie pozwala na natychmiastową kontynuację podróży przez zestaw drogowy po dokonaniu rozładunku na terminalu przeładunkowym.

W Polsce wagony typu Ro-La wytwarzane są przez firmę Wagony Świdnica S.A. [5], która wchodzi w skład europejskiego oddziału amerykańskiej korporacji The Greenbrier Companies. Zakład produkcyjny, oferuje szeroką gamę produkowanych typów wagonów, wytwarzanych przy użyciu najnowszej technologii nadzorowanej przez wykwalifikowaną kadrę inżynierską. Obecnie firma Wagony Świdnica S.A. jest największym polskim producentem i eksporterem nowych wagonów. Roczna produkcja wynosi do 1500 nowych wagonów. Na rysunku 2 przedstawiono dziesięcioosiowy wagon do przewozu zestawu ciężarowych typu Saadkmss produkcji fabryki Wagony Świdnica S.A. Opisany wagon jest przeznaczony do przewozu samochodów ciężarowych w szybki, bezpieczny i przyjazny dla środowiska sposób. Występuje w odmianie ośmioosiowej i dziesięcioosiowej. Układ jezdny dziesięcioosiowy składa się z dwóch zestawów wózków, w których zamontowano po jednym wózku dwuosiowym i jednym wózku trzyosiowym. Masa własna wagonu bez czołownic wynosi 21 t i może się on poruszać z maksymalną prędkością 120km/h po torze o rodzaju skrajni zgodnej

z kartą normy UIC 505-1. Zestawy drogowe przewożone na naczepach w technologii Ro-LA nie wymagają żadnych zmian adaptacyjnych [5].



Rys. 2. Wagon z ciągnikiem siodłowym i naczepą typu Saadkmss

Źródło: [5].

Załadunek zestawów drogowych na skład pociągu w systemie ruchomej drogi realizowany jest w sposób następujący:

- zestawiony skład pociągu podstawiony jest na terminal załadunkowy;
- następuje odblokowanie i odsunięcie czołownicy wagonu w ostatnim wagonie składu;
- dostawiona jest rampa najazdowa do ostatniego wagonu;
- przez rampę najazdową jeden za drugim wjeżdżają zestawy drogowe i przemieszczają się wzdłuż całego składu pociągu, zajmując kolejne platformy, w kolejności od czoła składu pociągu;
- po załadowaniu całego pociągu, znajdujące się na platformach pojazdy są blokowane (zabezpieczane przed przemieszczeniem podczas transportu);
- załadunek kończy się z chwilą zablokowania ostatniego pojazdu i odsunięcia platformy najazdowej;
- następuje zamknięcie i zablokowanie czołownicy ostatniego wagonu.

Technologia rozładunku zestawów drogowych ze składu pociągu w systemie ruchomej drogi realizowana jest w sposób następujący:

- pociąg wjeżdża na terminal wyładunkowy;
- odczepiana jest lokomotywa z wagonem kuszetką;
- podstawiona zostaje platforma wyładunkowa po wcześniejszym odblokowaniu i opuszczeniu czołownicy wagonu do czoła pierwszego wagonu;
- pojazdy zjeżdżają kolejno z platform załadunkowych składu pociągu.

Cechą charakterystyczną transportowego systemu drogowo-kolejowego typu ruchoma droga jest brak możliwości rozładunku pojazdu znajdującego się w części środkowej składu pociągu. Załadunek i rozładunek przebiega według metody FIFO (First In-First Off) pierwsze weszło - pierwsze wyszło. W praktyce pierwszy załadowany pojazd na terminalu załadunkowym zjeżdża również jako pierwszy na terminalu rozładunkowym. Dodatkowo platformy wyposażone są w nietypową średnicę okręgu toczenia

zestawu kołowego równego 380 mm. Wynika on z konieczności zachowania skrajni kolejowej w sytuacji transportu zestawu drogowego maksymalnej dopuszczalnej wysokości 4 m. Stąd konieczność budowy wagonów jako platform niskopodłogowych [4].

Do zalet stosowania systemu ruchomej drogi można zaliczyć:

- możliwość załadunku na terminalach pozbawionych utwardzonych placów wzdłuż składu pociągu. Niezbędne jest jedynie utwardzenie placu przeładunkowego w obrębie torów i międzytorzu w strefie załadunku i rozładunku;
- możliwość realizowania transportu w systemie konwojowanym, kierowcy w czasie jazdy odpoczywają w wagonie kuszetce, czas jazdy kierowcy nie jest zaliczany do czasu odpoczynku kierowcy;
- przewożone pojazdy nie wymagają żadnej adaptacji do przewozu w rozpartywanym systemie ruchomej drogi;
- infrastruktura terminalu przeładunkowego ograniczona jest tylko do ramp przeładunkowych w systemie poziomym;
- system może być wykorzystywany przez przewoźników, którzy nie posiadają naczep przystosowanych do przeładunku pionowego lub transportu bimodalnego;
- poprawa bezpieczeństwa w ruchu drogowym, przez wyeliminowanie ciężarowych zestawów drogowych jako jego uczestników;
- ograniczanie zanieczyszczenia środowiska naturalnego.

Do wad stosowania systemu ruchomej drogi można zaliczyć:

- niekorzystny stosunek masy przewożonego ładunku na zestawie drogowym do masy całego zestawu przewożonego na platformie kolejowej;
- mała średnica kół wagonów niskopodwoziowych wymaga bardzo dobrego stanu nawierzchni torów;
- konieczność bardzo dobrego stanu technicznego przejazdów drogowych, z uwagi na mały prześwit pomiędzy nawierzchnią kolejową i podwoziem wagonu;
- wysoki koszt zakupu niskopodłogowej platformy kolejowej.

System transportowy ruchomej drogi wykorzystywany jest na szeroką skalę w krajach alpejskich. Umożliwia transport ciężarowych zestawów drogowych przez tunele kolejowe w Alpach. Polega on na wykorzystaniu wagonów niskopodwoziowych do przewozu ciągników siodłowych z naczepami lub samochodów ciężarowych z przyczepami. Myślą przewodnią przy tworzeniu tego podsystemu było przede wszystkim zmniejszenie zatłoczenia na drogach alpejskich, jak również ograniczenie emisji spalin do atmosfery pochodzących od tych pojazdów podczas jazdy po drogach.

Jednym z większych operatorów europejskich, realizujących transport pojazdów drogowych w systemie Ro-La jest przedsiębiorstwo ÖKOMBI Rail Cargo Austria Group. Całkowity dopuszczalny ciężar przewożonego zestawu drogowego może wynosić 40 t, w szczególnych przypadkach istnieje możliwość transportu zestawu o masie 44 t. Dopuszczalne wymiary przewożonych zestawów powinny wynosić: długość: 18,80 m, szerokość: 2,60 m, wysokość: 4,00 m. Transportowane pojazdy powinny być sprawne

technicznie, ładunek musi być rozmieszczony równomiernie na skrzyni ładunkowej i odpowiednio zabezpieczony.

### 1.3. System bimodalny

Idea transportu bimodalnego pochodzi z USA. Za pierwowzór uznaje się system transportowy Mark V, który przebudowano w drugiej połowie lat siedemdziesiątych XX wieku, a dopuszczenie do eksploatacji przez Stowarzyszenie Kolei Amerykańskiej (Association of American Railroads) uzyskał w latach osiemdziesiątych. W systemie tym wykorzystywane były specjalne naczepy, dodatkowo wyposażone w drogowy i szynowy układ biegowy. W eksploatacji w USA i Kanadzie znajduje się kilka tysięcy jednostek typu Road-Railer będących rozwinięciem systemu Mark V. W celu zrezygnowania z ciężkiego kolejowego układu biegowego, niepotrzebnie obciążającego naczepę, opracowano system odpowiednio dostosowanych wózków, na których stawia się stosownie przystosowane naczepy. Koncepcja przewozu naczep przy wykorzystaniu prostego poziomego systemu przeładunku rozwijana była również w krajach europejskich [6].

System przewozów drogowo-kolejowych definiowany, jako transport bimodalny, jest rozwinięciem technicznej koncepcji przewozu naczep siodłowych na wagonach kieszeniowych z wyeliminowaniem wagonu. Transport realizowany jest na specjalnych wózkach wagonu towarowego, ze znormalizowanym czopem skrętu, wyposażonego w kompletny układ hamulcowy. Na wózkach oparte są naczepy siodłowe w sposób zapewniający jednakowe obciążenie przedniego i tylnego zestawu kół wózka jezdnego [4]. Jest to prosty i szybki sposób przeładunku naczep z wózków kolejowych na ciągniki siodłowe i odwrotnie. Do tego celu jest niezbędny terminal w postaci utwardzonego placu z odpowiednim układem torów. Nie są tu potrzebne drogie i ciężkie urządzenia do przeładunku pionowego stosowane w innych systemach transportu kombinowanego.

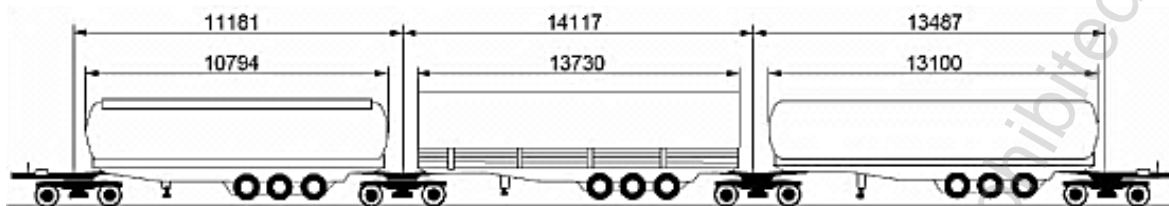
Naczepa używana w transporcie bimodalnym przenosi znaczne obciążenia wzdłużne, które powstają w trakcie ruszania i hamowania składu pociągu. Dodatkowo inny jest również sposób podparcia naczepy, biorącej udział w przewozie kolejowym. Dlatego różnice pomiędzy budową naczepy tradycyjnej i intermodalnej są następujące:

- struktura nośna naczepy musi być odpowiednio wzmocniona, zgodnie z normą Karty UIC-597;
- końce naczepy muszą być przystosowane do połączenia z adapterami wózków jezdnych;
- naczepy muszą być wyposażone w zawieszenie pneumatyczne, które umożliwia uniesienie tyłu naczepy w trakcie łączenia z wózkiem jezdnym oraz podniesienia zespołu osi drogowych w celu zachowania skrajni kolejowej;
- system ryglowania uniesionych osi drogowych naczep;
- odchylany tylny zderzak naczepy w trakcie łączenia z kolejowym wózkiem jezdnym;
- przelotowy układ hamulcowy, poprowadzony przez naczepę i służący do podłączenia do zestawu hamulcowego składu pociągu.

W Polsce wykonano i poddano gruntownym badaniom prototyp pociągu bimodalnego złożonego z dwóch naczep zbiornikowych i naczepy skrzyniowej, opra-



cowany przez specjalistów z Instytutu Pojazdów Szynowych Tabor i przedstawiony na rysunku 3.



Rys. 3. Zestaw bimodalnych jednostek ładunkowych

Zródło: [7]

Natomiast na rysunku 4 przedstawiono połączenie jednostek przystosowanych do transportu bimodalnego z kolejowym wózkiem jezdny, stanowiącym adapter środkowy składu kolejowego.

Cechą charakterystyczną dla systemu bimodalnego jest jednakowy sposób oparcia zarówno przodu jak i tyłu naczepy na pośrednich i krańcowych wózkach jezdnych. Dlatego możliwy jest załadunek i rozładunek naczep w dowolnej kolejności.

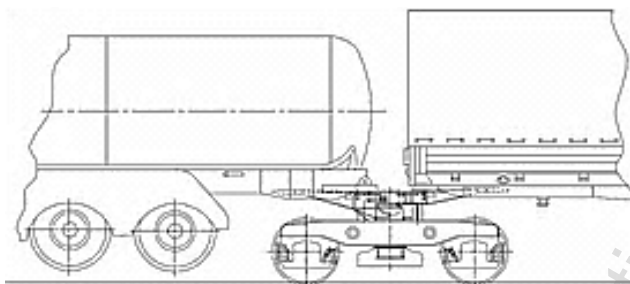
W praktyce stosowane są dwie technologie łączenia składu kolejowego transportu bimodalnego:

- Technologia 1. Łączenie składu odbywa się poprzez najechanie tyłem naczepy na wózek krańcowy. Po opuszczeniu nóg podporowych naczepy i uniesieniu na pneumatycznym zawieszeniu drogowego zespołu jezdny, ciągnik siodłowy zostaje wypięty z zestawu drogowego i odjeżdża. Pod przód naczepy wpychany jest pośredni wózek jezdny. W podobny sposób łączy się kolejne naczepy. Tak sformowany skład może mieć maksymalną długość 750 m.
- Technologia 2. Faza pierwsza jest identyczna jak w przypadku technologii 1. W następnej kolejności ustawia się wózek pośredni pomiędzy naczepami, na który tyłem wjeżdża kolejna naczepa. Po połączeniu kolejnej naczepy z wózkiem pośrednim, ciągnik siodłowy wykorzystywany jest do przemieszczenia i połączenia naczep w skład. Unika się w ten sposób dodatkowej czynności przemieszczania wózka pośredniego przy użyciu dodatkowego ciągnika. Opisany sposób formowania składu przedstawiona została na rysunku 5.

Do zalet stosowania systemu bimodalnego można zaliczyć:

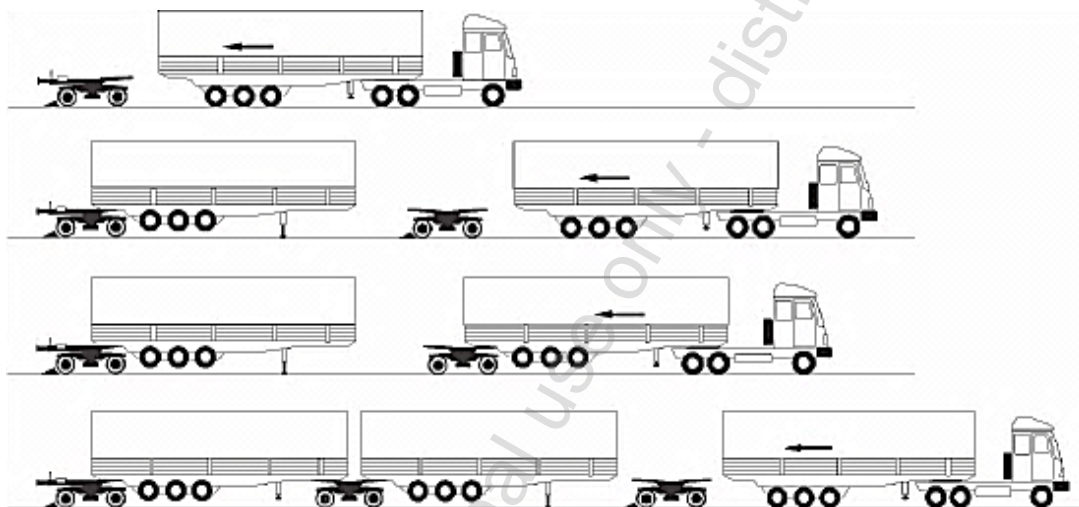
- uproszczone wymagania dotyczące infrastruktury technicznej terminalu, bez udziału urządzeń do przeładunku pionowego;
- możliwość wykorzystania naczepy przystosowanej do przewozu bimodalnego w innych systemach transportu intermodalnego;
- niewielki odstęp pomiędzy kolejnymi naczepami zmniejsza opory aerodynamiczne całego składu kolejowego;
- korzystny stosunek masy ładunku do całkowitej masy pojazdu transportu bimodalnego;

- możliwość zestawiania składu pociągu na torze zabudowanym bez żadnego dodatkowego wyposażenia, formowanie i rozformowanie składu pociągu bimodalnego wykonywane jest z wykorzystaniem ciągników siodłowych;
- możliwość wykorzystania odpowiednio zmodernizowanych standardowych wózków kolejowych.



Rys. 4. Połączenie jednostek ładunkowych z pośrednim wózkiem jezdnym

*Zródło: [7]*



Rys. 5. Technologia 2 łączenia składu pociągu na terminalu przeładunkowym

*Zródło: [7]*

Do wad stosowania systemu bimodalnego można zaliczyć:

- wzrost masy własnej naczepy siodłowej, spowodowany jej wzmocnioną konstrukcją z uwagi na wymagania dotyczące taboru kolejowego;
- zmniejszoną ładowność naczepy, ze względu na dopuszczalne naciski drogowe i masę własną;
- brak w Europie praktycznych doświadczeń eksploatacyjnych z długimi składami pociągów bimodalnych, w eksploatacji znajdują się grupy zestawów bimodalnych.

W praktyce przewozy bimodalne realizowane są przede wszystkim na obszarze USA i Kanady. Jako pierwsze próby drogowo kolejowego transportu w USA wymienia się przewóz na platformach kolejowych indywidualnych furmanek wypełnionych płodami rolnymi. Celem przewozu było szybkie realizowanie transportu rolniczych wozów

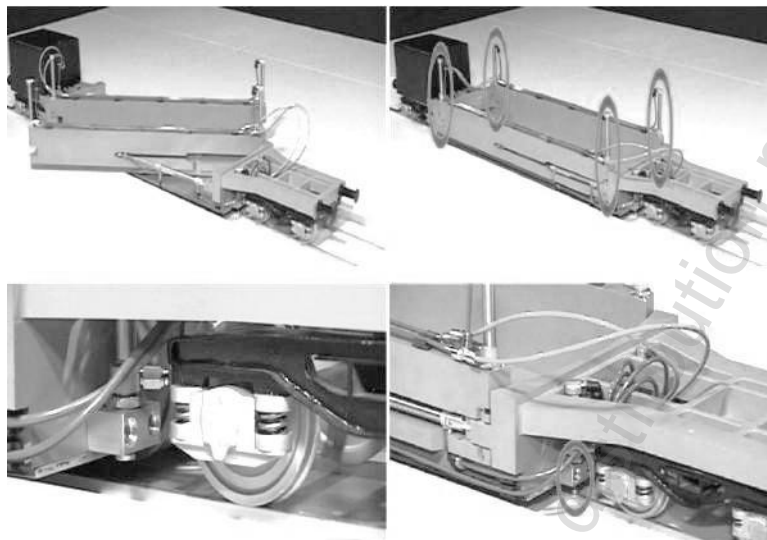
konnych na targowe place dynamicznie rozwijającego się Nowego Jorku oraz ich powrót tego samego dnia. Z tamtego czasu pochodzi sposób załadunku platform, gdzie pojazd za pojazdem wjeżdża po rampie i po przejechaniu długości całego składu ustawia się jeden za drugim. Dynamiczny rozwój transportu intermodalnego w USA miał miejsce w okresie powojennym kiedy to, koleje zaczęły coraz szerzej oferować dalekobieżny przewóz naczep drogowych [6].

Przewozy bimodalne w systemie roadrailer świadczone są między innymi przez amerykańską firmę Triple Crown Services, która posiada w ciągłej eksploatacji, naczepy przystosowane do drogowo-kolejowych przewozów bimodalnych. Firma posiada czternaście terminali przeładunkowych, pomiędzy którymi przewóz odbywa się transportem kolejowym. Składy pociągów mogą być formowane ze stu dwudziestu pięciu naczep drogowych. Jako usługi dodatkowe oferowana jest możliwość uzyskania, za pomocą sieci internetowej, informacji o aktualnej lokalizacji przesyłki, informacji na temat pochodzenia i przeznaczenia miejsca przesyłki, obciążenia naczepy.

## **2. INNOWACYJNA TECHNOLOGIA KOLEJOWEGO TRANSPORTU NACZEP SAMOCHODÓW CIĘŻAROWYCH**

Zespół z Wojskowej Akademii Technicznej pod kierunkiem prof. Tadeusza Niezgody zaprojektował wagon, którym będzie można bezpiecznie przewozić naczepy samochodów ciężarowych koleją [9, 10]. Dzięki zastosowanemu rozwiązaniu, udało się spełnić rygorystyczne polskie przepisy kolejowe, dotyczące skrajni oraz ograniczenia wynikające z istniejącej infrastruktury, które dotychczas uniemożliwiały taki transport na głównych szlakach kolejowych. Ze względu na założenia konstrukcyjne, w których przewidziano transport standardowych naczep o wysokości do 4 m i standardowych wózków kolejowych typu Y25, zachowanie skrajni jest możliwe dzięki obniżeniu płyty podłogi wagonu z zachowaniem wartości 130 mm minimalnej odległości dna ramy od główki szyny oraz zastosowaniu specjalnej konstrukcji ramy w części środkowej wagonu o grubości nie większej niż 70 mm. Skrajnia kolejowa narzuca maksymalne rozmiary wagonów z załadunkiem oraz ich stopień wychylenia na zakrętach. Jeśli skrajnia nie byłaby zachowana, wagon może zerwać trakcje elektryczne albo nie zmieścić się w tunelu. Problemem do rozwiązania były ograniczenia przestrzeni roboczej, którą mógł zająć wagon z załadowaną na niego naczepą. Polscy konstruktorzy, przy użyciu nowoczesnych metod projektowania, wykorzystując zaawansowane analizy numeryczne oraz materiały o wysokiej wytrzymałości, zaprojektowali wagon, uzyskując wymaganą wytrzymałość, przenosząc największe obciążenia na zamki hydrauliczne i na boczną część wagonu. W opracowanej konstrukcji platforma wagonu obraca się wokół centralnie położonej osi, po której zestaw drogowy może wjechać z naczepą na wagon. Rozwiązanie takie umożliwia załadunek i rozładunek naczepy na terminalach przeładunkowych, gdzie wokół torów jest specjalnie przygotowany peron o odpowiednio utwardzonych krawężniach. Zaproponowana konstrukcja nie wymaga podczas czynności przeładunkowych wykorzystania specjalnych zewnętrznych urządzeń podnoszących wchodzących w skład infrastruktury terminalu przeładunkowego. Po obrotowej platformie ciągnik siodłowy z naczepą może wjechać na wagon prosto z peronu przylegającego do torów. Dodatkową zaletą jest możliwość dokonywania czynności załadunkowych z dwóch stron wagonu. Atutem jest również możliwość dokonywania rozładunku z każdego wagonu niezależnie od siebie. Takiej możliwości nie oferuje szeroko stosowana technologia ruchomej drogi, gdzie załadunek i rozładunek odbywa się według me-

tody FIFO, pierwszy załadowany zestaw opuszcza skład pociągu również jako pierwszy. Dodatkową zaletą konstrukcji jest możliwość zlecenia wytwarzania wagonów krajowym producentom. Na obecnym etapie zespół z WAT sporządził już model wagonu w skali 1:14 [9], na którym sprawdzono funkcjonalność opracowanej konstrukcji. Na rysunku 6 przedstawiono zbudowany model - demonstrator wagonu.

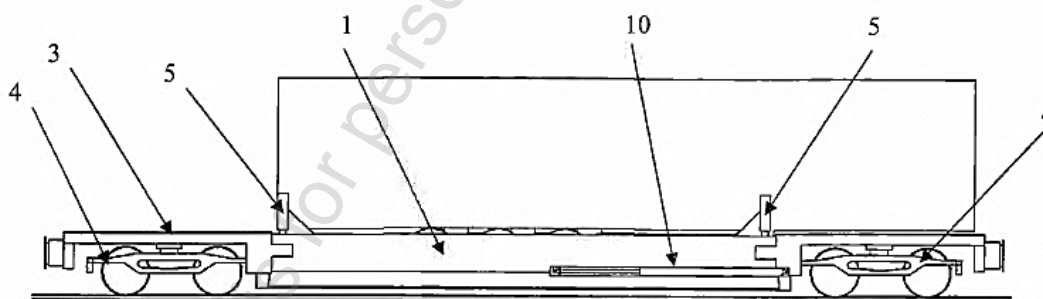


Rys. 6. Model - demonstrator wagonu w skali 1:14

Źródło: [9]

Dokumentacja techniczna, pozwoli na wyprodukowanie w skali 1:1 wagonu, który będzie mógł poruszać się po torach z zachowaniem obowiązujących skrajni kolejowych.

Największą zaletą opracowanej konstrukcji jest zwiększona sztywność połączenia nadwozia z podwoziem w czasie transportu, uzyskiwana dzięki zoptymalizowanej konstrukcji nadwozia. Wagon do transportu intermodalnego przedstawiony został na rysunku 7 w widoku bocznym, na rysunku 8 w widoku ukośnym, a na rysunku 9 pokazano widok ukośny podwozia platformy wagonu z centralnym węzłem obrotowym.

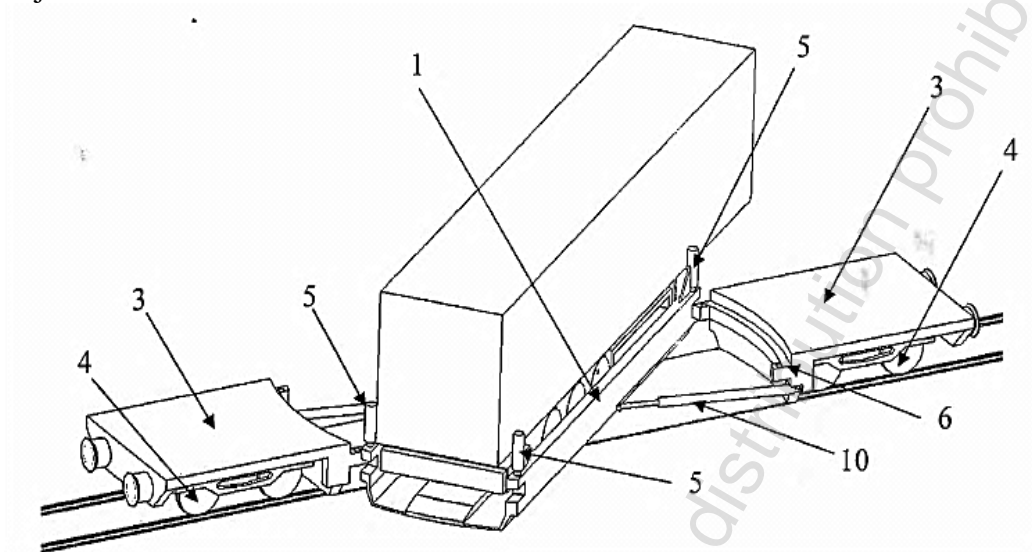


Rys. 7. Widok boczny wagonu z platformą obrotową

Źródło: [10]

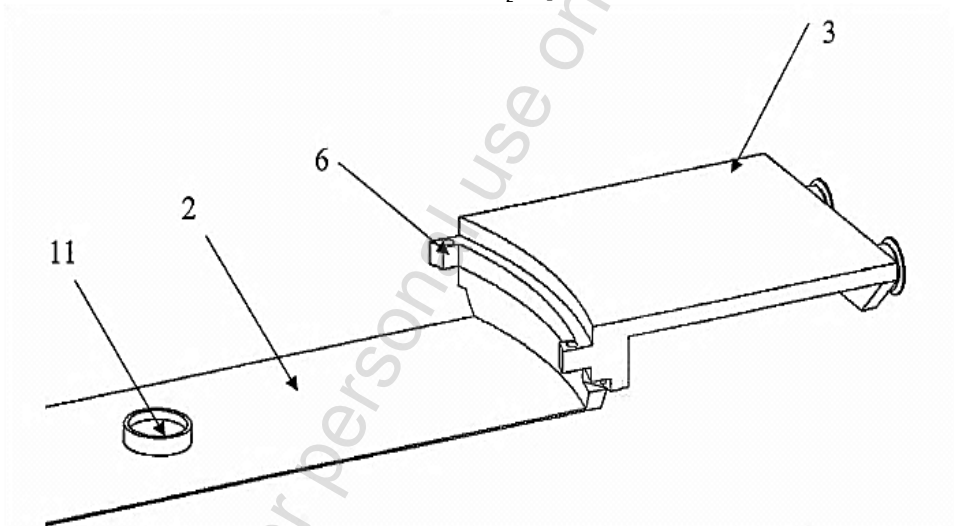
Wagon kolejowy zbudowany jest z platformy obrotowej (1), która jest obracana względem węzła obrotowego (11) umieszczonego w centralnej części płyty podwozia wagonu (2) za pomocą dwóch siłowników hydraulicznych (10), zamontowanych w bur-

tach platformy i bieżni prowadzących (6) zamocowanych do części nadwózkowych (3) podwozia wagonu. Wagon kolejowy posiada ażurową konstrukcję nośną (3), znajdującą się nad wózkami jezdny (4) na obydwu końcach podwozia. Podwozie wagonu wyposażone jest w podpory (7), używane przy załadunku i rozładunku do usztywnienia konstrukcji.



Rys. 8. Widok boczny wagonu z platformą obrotową

Źródło: [10]



Rys. 9. Widok ukośny podwozia platformy wagonu z centralnym węzłem obrotowym

Źródło: [10]

Ruchoma platforma wagonu wyposażona jest w grupę specjalnych urządzeń wsporczych, którym są rolki zainstalowane w obszarze jej krańców, stanowiących dodatkowe podparcie w trakcie obrotu oraz pozwalających na swobodny obrót platformy względem płyty podłogowej wagonu i względem płyty peronu podczas realizowania czynności przeładunkowych. W trakcie wykonywania operacji załadunkowo-wyładowczych wykorzystywane są również dodatkowe podpory (7) płyty podwozia

wagonu opierane mechanicznie na główkach szyn. W położeniu transportowym platforma obrotowa wagonu mocowana jest na podwoziu za pomocą specjalnych zamków ze sworzniami blokującymi (5).

Zaletą opracowanej konstrukcji jest możliwość wykorzystania standardowych wózków jezdnych, dobieranych na podstawie katalogów producentów do transportu intermodalnego. W zależności od typu stosowanych wózków wagon może być wykorzystywany również na kolejowej trakcji szerokotorowej. Wymiary konstrukcyjne wagonu z ładunkiem w postaci zintegrowanej jednostki ładunkowej, jaką jest naczepa do wysokości 4 m, spełniają wymagania dotyczące skrajni GB1 na odcinkach prostych trakcji kolejowej.

Skład pociągu złożony z wagonów wykonanych według innowacyjnej technologii posiada prostą konstrukcję i celowo w trakcie prac uwzględniano istniejące zaplecze infrastruktury kolejowej PKP. Opracowany system ma dużą mobilność. Kolejność ładowania i rozładowywania wagonów nie ma tu istotnego znaczenia. Czas załadunku jest zminimalizowany do kilku minut. Dla kierowców jest to proste rozwiązanie, które praktycznie eliminuje ryzyko uszkodzenia platformy oraz ciągnika siodłowego lub naczepy. Należy pamiętać, że szkody transportowe negatywnie wpływają na koszt realizowanego transportu.

Do zalet stosowania innowacyjnego systemu Tiry na Tory można zaliczyć:

- przyspieszony tranzyt zestawów ciężarowych przez terytorium Polski;
- zmniejszona szkodliwość oddziaływania na środowisko naturalne;
- zmniejszony stopień degradacji infrastruktury drogowej, na skutek stale wzrastającego natężenia ruchu drogowego pojazdów ciężarowych;
- zwiększone bezpieczeństwo w ruchu drogowym;
- skrócenie czasu dostawy ładunku do odbiorcy;
- zdolność pokonywania jednorazowo długich tras;
- możliwość przewożenia ładunków o dużych masach.

Głównym problemem zastosowania innowacyjnego wagonu w praktyce jest konieczność zbudowania prototypu zaproponowanego obiektu. Zbudowanie 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 [8].

Podstawową zaletą opisywanego systemu jest wytrzymała i stabilna konstrukcja zapewniająca poprawne i bezpieczne działanie zarówno podczas przewozu, jak również podczas operacji załadowczo-wyładowczych. Konstrukcja wagonu, zoptymalizowana poprzez zastosowanie nowoczesnych metod projektowych, pozwoliła na uzyskanie odpowiedniej wytrzymałości i dużej sztywności w czasie przewozu naczepy z ładunkiem o znacznej masie całkowitej do 40 ton. Cechą charakterystyczną opisywanego rozwiązania jest wysoka wytrzymałość na obciążenia, zapewniona przez zastosowanie odpowiednio sztywnych zamków-połączeń mocujących ruchomą platformę ładunkową do

nieruchomej części nadwózkowej ramy, w konfiguracji wagonu gotowego do transportu naczepy.

## PODSUMOWANIE

Dokonując analizy wybranych technologii i organizacji intermodalnych systemów transportowych, należy zwrócić szczególną uwagę na innowacyjną technologię kolejowego transportu samochodów typu TIR opracowaną przez zespół specjalistów Wojskowej Akademii Technicznej. Proponowane rozwiązanie pozbawione jest wad przyspieszonego zużywania się kół wózków jezdnych, systemu ruchomej drogi oraz nie wymaga skomplikowanych terminalowych rozwiązań przeładunkowych stosowanych w systemie Modalohr. Celem zespołu projektowego było opracowanie drogowo-kolejowego systemu transportowego dostosowanego do obecnego stanu istniejącej infrastruktury kolejowej w Polsce. Opracowana technologia pozwala wyeliminować z użycia kosztowne terminalowe urządzenia przeładunkowe. Rozwiązanie takie pozwala na skrócenie czasu przeładunku oraz obniżenie kosztów bezpośrednich, działania terminalu przeładunkowego. Istotną zaletą proponowanego rozwiązania jest możliwość zlecenia produkowania taboru kolejowego krajowym przedsiębiorstwom produkcyjnym.

Wprowadzenie innowacyjnego systemu transportu zestawów samochodowych typu TIR, opracowanego w WAT, pozwoli na uzyskanie następujących korzyści:

- obniżenie kosztów społecznych transportu poprzez poprawę jego bezpieczeństwa oraz obniżenie negatywnego oddziaływania na środowisko naturalne transportu drogowego;
- poprawa stanu infrastruktury kolejowej, przez umiejętne wykorzystanie funduszy strukturalnych Unii Europejskiej;
- zmniejszenie nakładów na utrzymanie infrastruktury drogowej, poprzez ograniczenie degradacji szlaków komunikacyjnych na skutek ograniczenia ruchu zestawów drogowych;
- podniesienie jakości i rozszerzenie zakresu świadczonych usług transportu kolejowego;
- wzrost konkurencyjności krajowych przewoźników w ramach liberalizacji polityki transportowej Unii Europejskiej.

Osiągnięcie powyższych korzyści nie będzie możliwe bez wsparcia prawnego oraz nakładów finansowych w postaci adaptacji istniejących lub budowy nowych terminali przeładunkowych. Postuluje się w pierwszej kolejności uruchomienie przewozów intermodalnych na liniach kolejowych kierunku 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, zachęci kierowców do korzystania z transportu kolejowego. Uruchamianie kolejnych kierunków przewozowych powinno następować w kolejnych okresach w miarę popularyzacji systemu.

Warunkiem niezbędnym do powszechnego wprowadzenia transportu intermodalnego w Polsce jest stworzenie platformy terminali przeładunkowych z ogólnym do-

stępem do ich infrastruktury. Konieczne jest zaprzestanie konkurencji pomiędzy transportem drogowym i kolejowym. Przewoźnicy drogowi muszą zmienić sposób traktowania transportu intermodalnego jako utraconych korzyści z niezrealizowanego przewozu drogowego. Niezbędne jest podjęcie współpracy pomiędzy wymienionymi gałęziami transportu w celu osiągnięcia przewagi konkurencyjnej na rynku usług transportowych.

Praca finansowana i wykonana  
w ramach projektu rozwojowego Nr O R00 0081 12

## LITERATURA

1. Figurski J., *Ekonomika Logistyki część 2 Logistyka transportu*, Wojskowa Akademia Techniczna, Warszawa 2010.
2. Markusik S., *Infrastruktura Logistyczna w Transporcie Tom II Infrastruktura Punktowa – magazyny, centra logistyczne i dystrybucji, terminale kontenerowe*, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2010.
3. Stokłosa J., *Transport intermodalny technologia i organizacja*, Wydawnictwo Naukowe Wyższej Szkoły Ekonomii i Innowacji, Lublin 2011.
4. Kwaśniewski S., Nowakowski T., Zając M., *Transport intermodalny w sieciach logistycznych*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2008.
5. Polska Norma PN – EN 12663, *Wymagania konstrukcyjno – wytrzymałościowe dotyczące pudeł kolejowych pojazdów szynowych*, 2002.
6. Niezgoda T., Krasoń W., Barnat W., Sławiński G., *Badania numeryczne rozwiązań prototypowych mechanizmu obrotu platformy wagonu kolejowego do przewozu naczep typu TIR*, [w:] „Problemy Kolejnictwa”, nr 153/2011, Warszawa 2011, s. 137-146.
7. Zespół KMilS WAT, *Układ wagonu platformy kolejowej z peronem do transportu kombinowanego*, Krajowe zgłoszenie patentowe, Urząd Patentowy RP, P.391269, 19.05.2010.
8. [online]. [dostęp: 15.08.2012]. Dostępny w Internecie: [www.modalohr.com/pl.htm](http://www.modalohr.com/pl.htm).
9. [online]. [dostęp: 15.08.2012]. Dostępny w Internecie: [www.gbrx.com](http://www.gbrx.com).
10. [online]. [dostęp: 15.08.2012]. Dostępny w Internecie: [www.tabor.com.pl](http://www.tabor.com.pl).

## SPECIAL SYSTEM FOR TRANSPORTING HEAVY VEHICLES

### Summary

*In recent years combined systems based on vertical or horizontal handling have been implemented into European intermodal railway transport. In vertical and horizontal systems, loading*



*and unloading require special terminals with additional equipment. Vehicles, using their own engines, are driven on and off platforms over a ramp at the last carriage (horizontal system). A special rail car with a rotatable, low and flat loading floor was presented in the paper. Such a structure can be used for transporting various types of vehicles, like tractors, trucks, trailers, semitrailers and cargo containers. The rail car allows for quick and convenient loading and unloading of vehicles and containers (no cranes needed), self-loading and unloading. No platform infrastructure is required, only hardened, flat surface. There is no need for hubs, terminals or special logistics. Each rail car can be operated separately.*

**Keywords:** *rail car with rotatable loading floor, intermodal transport, transport systems*

## NOTY BIOGRAFICZNE

**dr hab. inż. Wiesław BARNAT, prof. WAT** – Pełnomocnik Szefa Katedry ds. Strategii Projektowej Katedry Mechaniki i Informatyki Stosowanej Wydziału Wojskowej Akademii Technicznej. Zajmuje się zagadnieniami numerycznej analizy zjawisk szybko - zmiennych w aspekcie: rozpraszania energii udaru lub wybuchu, przebijalności (nożo i igłoodporności), oddziaływania sprzężonego zjawiska odłamka i wybuchu na osłony m.in. kompozytowe, oporów pływania pojazdów pływających, crash testów i odpowiedzi konstrukcji pojazdów wojskowych na strzał z broni pokładowej dużego kalibru. Jest autorem wielu publikacji.

**dr inż. Wiesław KRASOŃ** – ukończył studia na Wydziale Mechanicznym Wojskowej Akademii Technicznej w specjalności samoloty i śmigłowce. Pracował jako wykładowca w Centralnym Ośrodku Szkolenia Specjalistów Wojsk Lotniczych w Oleśnicy. Od 1992 roku pracuje w Wojskowej Akademii Technicznej. Obecnie jest adiunktem w Katedrze Mechaniki i Informatyki Stosowanej na Wydziale Mechanicznym WAT i opiekunem Koła Naukowego Mechaniki i Informatyki Stosowanej. Zajmuje się modelowaniem i analizą wytrzymałości konstrukcji inżynierskich metodami numerycznymi. Uczestniczy we wprowadzaniu techniki CAD/CAM/CAE do procesu dydaktycznego i w popularyzacji nowoczesnych metod komputerowych. Jest autorem i współautorem ponad 200 prac publikowanych w czasopismach naukowych, materiałach konferencji krajowych i międzynarodowych, kilku zgłoszeń patentowych oraz patentów krajowych i zagranicznych.

**płk dr inż. Krzysztof ORŁOWSKI** – od 2008 r. pełni funkcję Zastępcy Dziekana Wydziału Mechanicznego Wojskowej Akademii Technicznej. Jest specjalistą w dziedzinie zastosowania nowoczesnych technologii, w tym GPS w logistyce. Obecnie prowadzi badania nad zagadnieniami związanymi z problematyką wykorzystania transportu intermodalnego w systemach logistycznych. Jest autorem i współautorem ok. 40 artykułów z dziedziny logistyki, opublikowanych w czasopismach i materiałach konferencji krajowych oraz zagranicznych.