

dr hab.inż. Agnieszka Merkisz-Guranowska, prof.PP
Instytut Pojazdów Szynowych „TABOR”,
Politechnika Poznańska
dr hab.inż. Marian Medwid, prof.IPS
dr Włodzimierz Stawecki, prof.IPS
mgr inż. Jarosław Czerwiński
Instytut Pojazdów Szynowych „TABOR”,

Innowacyjny system transportu naczep drogowych na wagonach towarowych w ruchu kombinowanym, kolejowo-drogowym

W artykule przedstawiono innowacyjną koncepcję wagonu do transportu standardowych naczep drogowych w ruchu kombinowanym. Opisano w nim strukturę nośną wagonu oraz sposób łączenia i ryglowania jego segmentów. Dokonano analizy różnych, występujących na rynku rozwiązań układów zawieszenia i usprężynowania osi drogowych w odniesieniu do przedstawionego wagonu. Przedstawiono poszczególne etapy załadunku naczepy drogowej na strukturę nośną wagonu. Wytoczono dalsze kierunki badań naukowych nad rozwojem i wdrożeniem innowacyjnych systemów transportowych w ruchu kombinowanym..

1. Wprowadzenie

Znane środki transportu kolejowego naczep samochodowych umożliwiają przeładunek poziomy lub pionowy. Wagony przeznaczone do pionowego załadunku istotnie ograniczają możliwości transportu wyłącznie do specjalnie przystosowanych naczep. Wobec takiego ograniczenia oczywista jest przewaga środków przystosowanych do **poziomego załadunku**.

Z uwagi na sposób realizacji przeładunku naczep, można je zakwalifikować do trzech charakterystycznych grupach:

1. Skomplikowane konstrukcje wagonów o stosunkowo dużej masie własnej wyposażone w ruchome rampy najazdowe, umożliwiające samodzielny załadunek naczep z boku lub czoła wagonu.
2. Prostsze i lżejsze wagony których przeładunek możliwy jest jedynie na specjalnych rampach wyposażonych w mechanizmy napędowe przesuwu lub obrotu platform ładownych. Umożliwiają one przeładunek naczep z dowolnego wagonu w składzie pociągu.
3. Proste konstrukcje wagonów sprzęgniętych w składach wahadłowych w których następuje przeładunek całego składu pociągu na stacjach końcowych

Dobrym środkiem transportu uzupełniającym wyżej wymienione, byłby lekki wagon, prosty w konstrukcji i obsłudze, nie wymagający dodatkowych źródeł energii i napędów, umożliwiający samodzielny załadunek

naczep na standardowym terminalu oraz transport w dowolnym składzie wagonów towarowych. W oparciu o zdobyte doświadczenie i opracowane konstrukcje dla transportu kombinowanego - wagonów, systemów modułowych i transportu bimodalnego, w IPS „TABOR” podjęto próbę opracowania takiego wagonu. Prace konstrukcyjne sfinansowano ze środków własnych. Jest przedmiotem zgłoszenia patentowego w Urzędzie Patentowym RP i jest zarejestrowane pod numerem P-408778.

2. Prezentacja struktury nośnej wagonu

Na rys. 1 przedstawiono dwuczłonowy wagon (moduł) **1** złożony z dwóch symetrycznych członów wagonu połączonych stale sprzęgiem krótkospiętym **2**. Na ramach nośnych członów wagonu umieszczono naczepy drogowe **3**

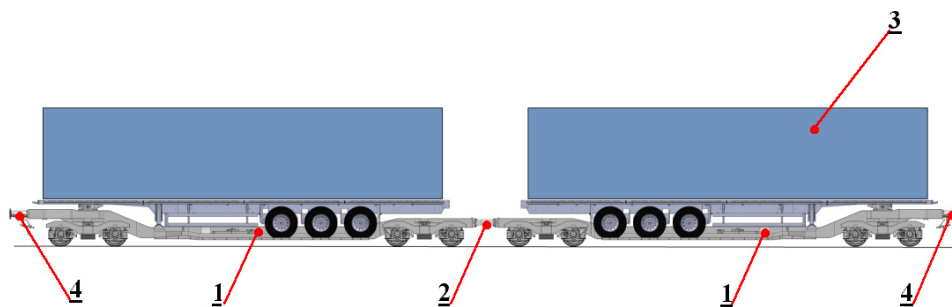
Na obu końcach modułu zabudowano konwencjonalne urządzenia pociągowo-zderzne **4**. Prezentowana konstrukcja modułowa stanowi integralną jednostkę transportową czyli wagon, zdolną do tworzenia odpowiednich składów pociągowych wyposażonych w pojazd trakcyjny.

Strukturę budowy jednego członu wagonu zilustrowano na rys. 2.

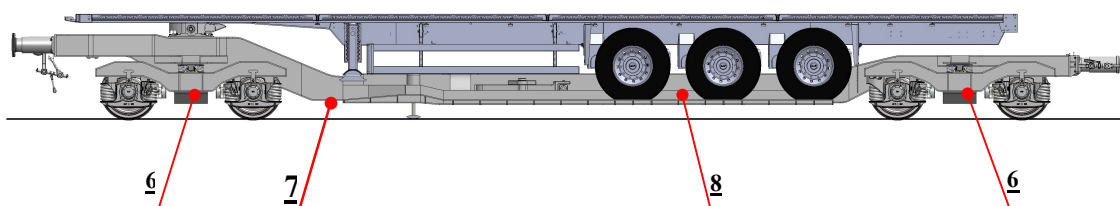
Każdy człon wagonu składa się z:

- dwóch wózków tocznych **6**
- ramy nośnej zewnętrznej **7**

- ramy nośnej wewnętrznej **8**
gdzie ramy nośne **7** i **8** są między sobą suwliwie połączone i odpowiednio zaryglowane.

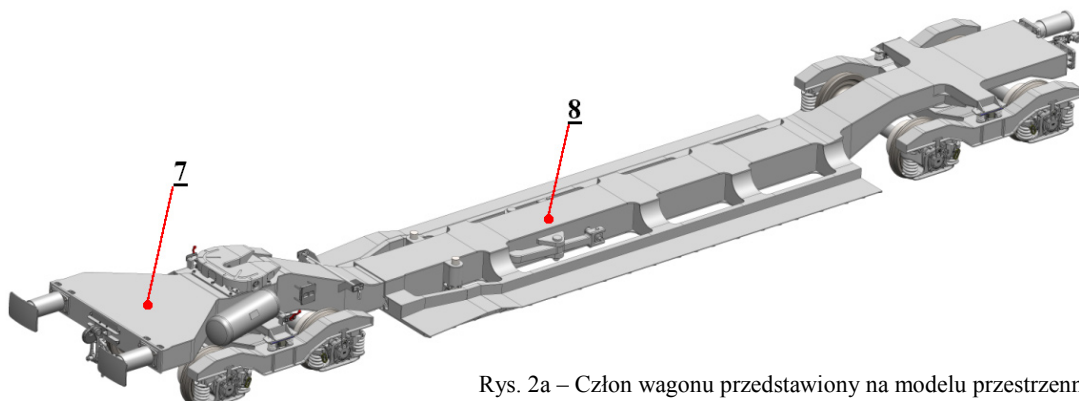


Rys.1 – Dwuczłonowy wagon transportowy

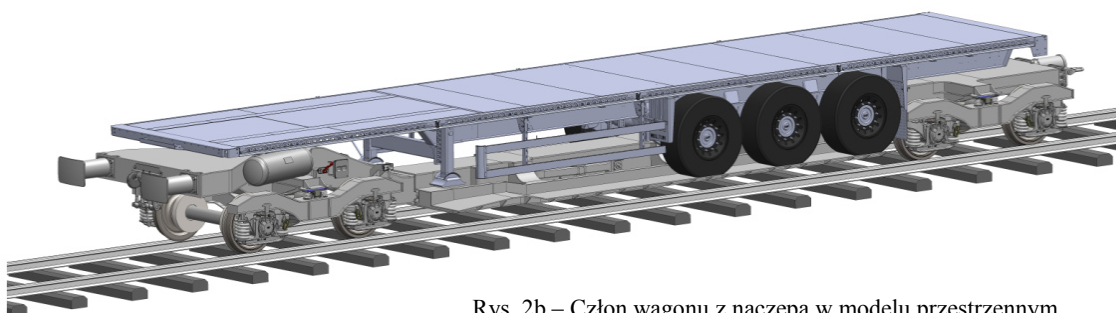


Rys.2 – Człon wagonu z naczepą

Człon wagonu bez naczepy pokazano na modelu rys. 2a, a rys. 2b ilustruje człon wagonu z naczepą.

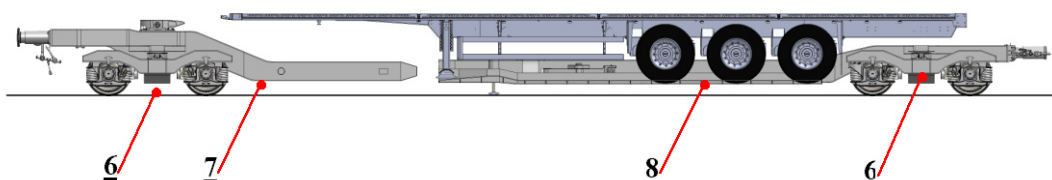


Rys. 2a – Człon wagonu przedstawiony na modelu przestrzennym



Rys. 2b – Człon wagonu z naczepą w modelu przestrzennym

Człon wagonu w stanie rozłączonym zilustrowano na rys. 3, a części składowe: ramę zewnętrzną na wózku oraz ramę wewnętrzną na wózku pokazano na modelach przestrzennych rys. 4 i 5.

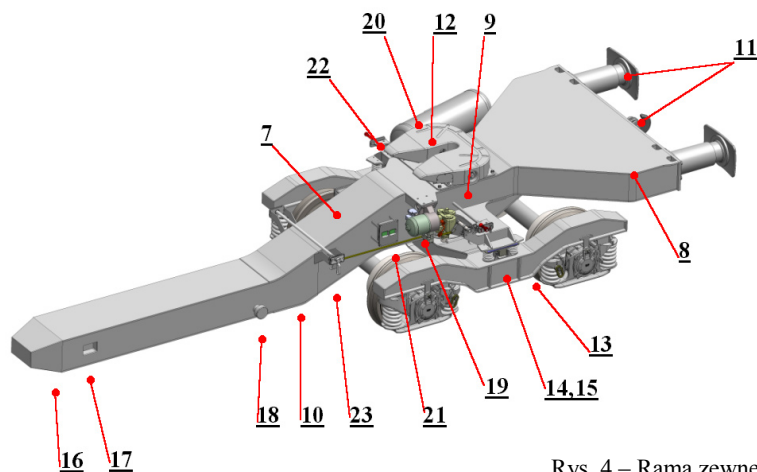


Rys.3 – Człon wagonu w stanie rozłączonym

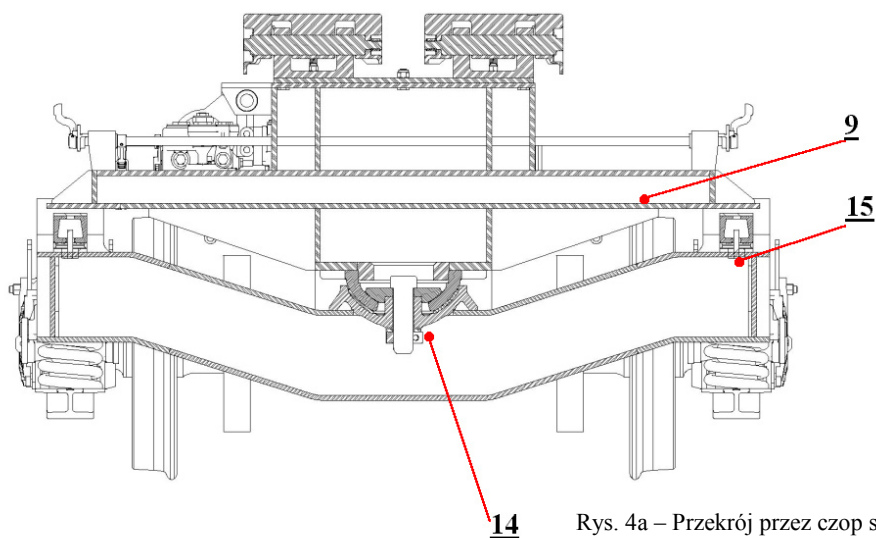
2.1 Rama zewnętrzna na wózku.

Rama 7 (rys. 3, 4) stanowi podstawową strukturę nośną segmentu zewnętrznego członu wagonu. Rama nośna jest spawaną konstrukcją skrzynkową złożoną z trzech głównych podzespołów:

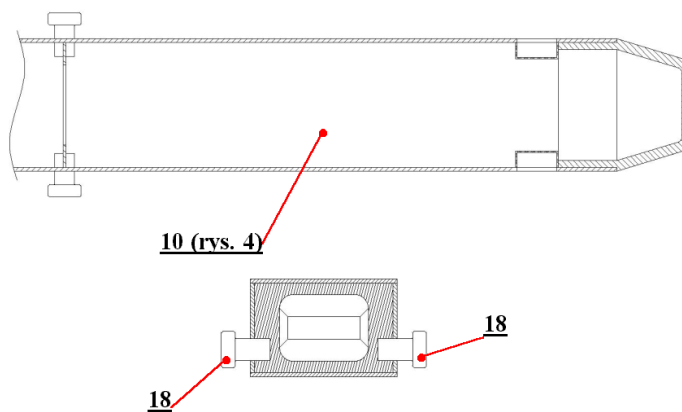
- belki końcowej 8
- belki nadwózkowej 9
- belki łącznikowej 10.



Rys. 4 – Rama zewnętrzna na wózku



Rys. 4a – Przekrój przez czop skrzętu i ślizgi boczne



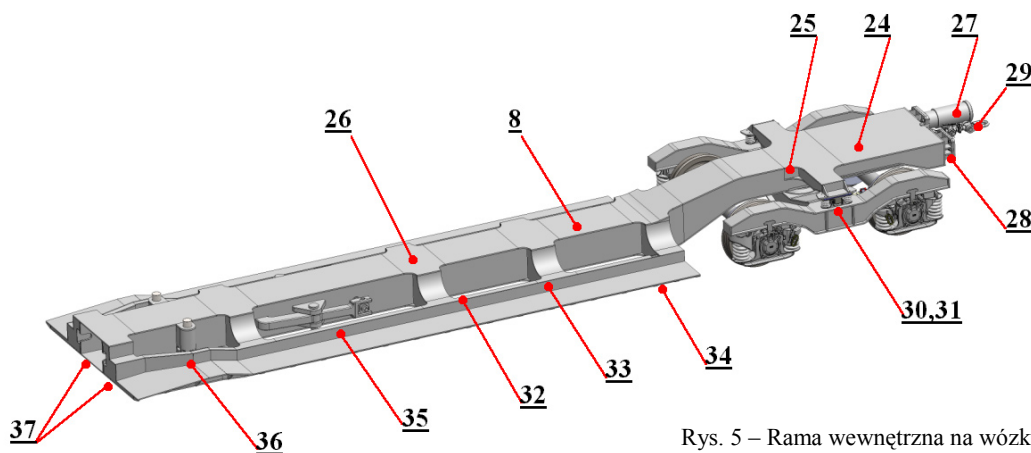
Rys. 4b – Przekroje belki łącznikowej poz. 10 (rys. 4)

Na belce końcowej **8** zabudowano urządzenia pociągowo-zderzne **11**. Na górnej płaszczyźnie belki nadwózkowej **9** zabudowano siodło **12**, a w dolnej strefie belki umiejscowiono elementy składowe oparcia ramy nośnej **7** na ramie wózka **13** w postaci czopa skreću **14** i ślizgów bocznych **15** (rys. 4a). Na końcu belki łącznikowej **10** usytuowano czop naprowadzający **16** (rys. 4b), a po obu stronach na pionowych ścian belki wykonano prostokątne otwory **17**. W dolnej części belki umieszczono czopy kołnierzowe **18**. Na ramie nośnej **7** zabudowano aparaty i urządzenia hamulcowe: zawór sterujący **19**, zbiornik powietrza **20**, wskaźniki hamowania **21**, urządzenie przestawcze „próżny-ladowny” **22**, odłużniacz hamulca **23**.

2.2 Rama wewnętrzna na wózku.

Rama nośna **8** (rys. 3 i 5) jest spawaną konstrukcją skrzynkową złożoną z następujących połączonych ze sobą podzespołów:

- belki końcowej **24**
- belki nadwózkowej **25**
- głównej belki nośnej **26**.



Rys. 5 – Rama wewnętrzna na wózku

Na belce końcowej zabudowano urządzenia pociągowo-zderzne w postaci zderzaka **27**, płyty zderzakowej **28** oraz urządzenia ciągowego **29**.

Belka nadwózkowa ramy służy do zabudowy czopa skreću **30** oraz ślizgów bocznych **31** które stanowią oparcie i mocowanie ramy nośnej na ramie wózka. Główna belka nośna **8** jest złożona z belki centralnej **32** o przekroju prostokątnym do której po obu stronach belki za pomocą wsporników **33** zamocowano półki nośne **34**. Ramę wyposażono w urządzenie ryglujące **35** oraz podnośniki hydrauliczne **36** zabudowane na pionowych ścianach bocznych belki centralnej. Na końcu belki centralnej po wewnętrznych stronach pionowych ścian belki wykonano odpowiednio ukształtowane wykroje **37**, a w dalszej części belki prostokątne otwory **38** oraz czop oporowy **39** zamykający przestrzeń wewnętrzną belki centralnej (rys. 5a) wykonany przez pionową płaszczyznę symetrii belki centralnej **32**.

2.3 System ryglowania

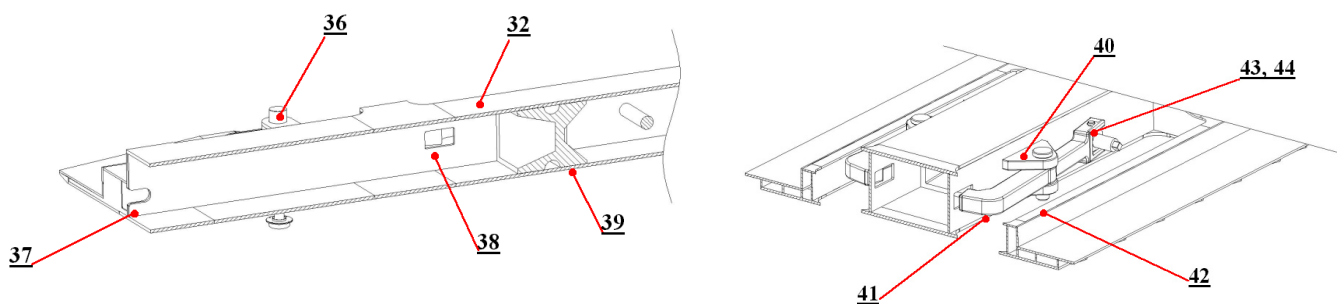
Urządzenie ryglujące **35** bardziej szczegółowo przedstawiono na przekroju (rys. 5a,) które jest zabudowane

z następujących elementów składowych:

- wsporniki **40** mocowania dźwigni
- dźwignie ryglujące **41**
- sworznie **42** mocowania dźwigni
- gwintowane kostki obrotowe **43**
- pręt śrubowy **44** dwustronnie gwintowany.

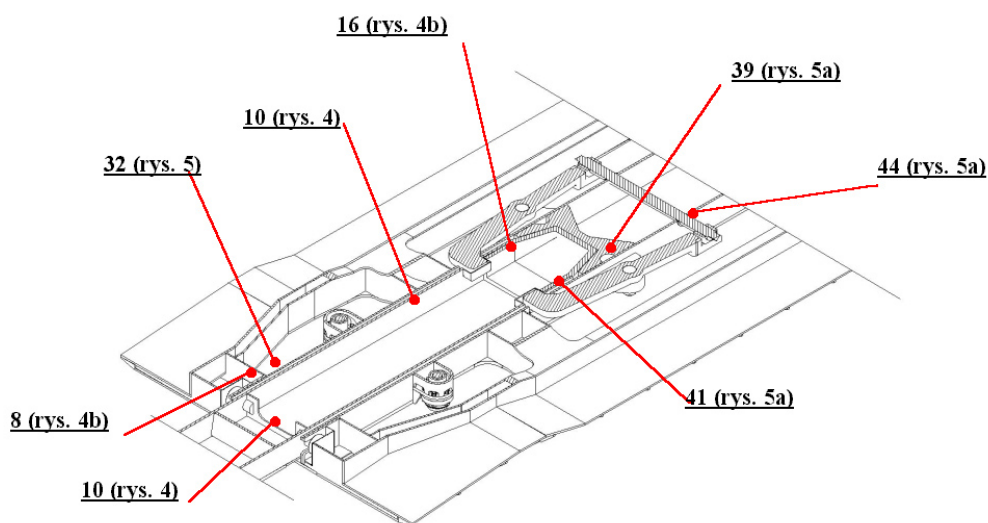
a) Przekrój przez pionową płaszczyznę symetrii belki centralnej

b) Przekrój przez pionową poprzeczną płaszczyznę ramy nośnej z widokiem na urządzenie ryglujące



Rys.5a, b – Przekroje ramy nośnej

Zilustrowane na rys. 5b urządzenie ryglujące przedstawiono w stanie odryglowanym. Sposób połączenia i zaryglowania belki łącznikowej **10** (rys. 4) z belką centralną **26** (rys. 5) zaprezentowano na przekroju (rys. 6).



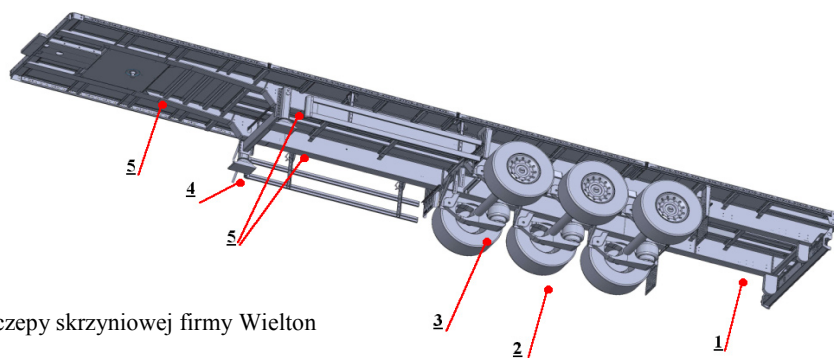
Rys.6 – Połączenie i ryglowanie belek ramy zewnętrznej i wewnętrznej jednego członu wagonu

W celu połączenia ramy zewnętrznej na wózku (rys. 4) z ramą wewnętrzną na wózku rys. 5 należy wprowadzić belkę łącznikową **10** (rys. 4) w prostokątny otwór belki centralnej **32** ramy wewnętrznej na wózku rys. 5 do oparcia czopa naprowadzającego **16** w gnieździe czopa oporowego **39** (rys. 5a), oraz oparcia czopów kołnierzowych **18** (rys. 4b) w wykrojach **37** (rys. 5a) wykonanych w pionowych ścianach belki centralnej.

W tym położeniu belek ram nośnych należy wprowadzić końce dźwigni ryglujących w prostokątne otwory **17** (rys. 4b) i **38** (rys. 5a) wykonane w ścianach bocznych belki łącznikowej i belki centralnej, za pomocą pręta śrubowego **44** (rys. 5a) wykonując odpowiednią liczbę obrotów pręta śrubowego przy użyciu odpowiedniego klucza.

3. Naczepa drogowa

W prowadzonych analizach uwzględniono standardową naczepę skrzyniową produkowaną przez firmę Wielton w Wiedniu. Model przestrzenny, podwozia naczepy zaprezentowano na rys. 7.



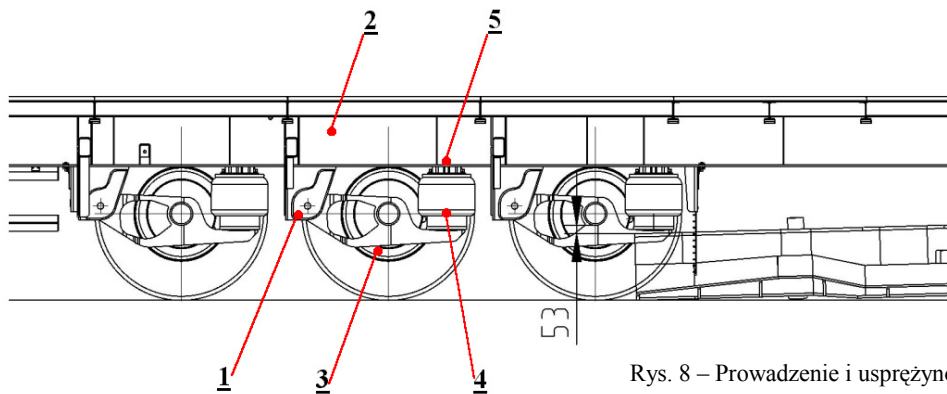
Rys. 7 - Standardowe podwozie naczepy skrzyniowej firmy Wielton

Główne zespoły konstrukcyjne podwozia stanowią: rama nośna **1**, układ jezdny **2**, układ zawieszenia i usprężynowania **3** oraz nogi podporowe **4**.

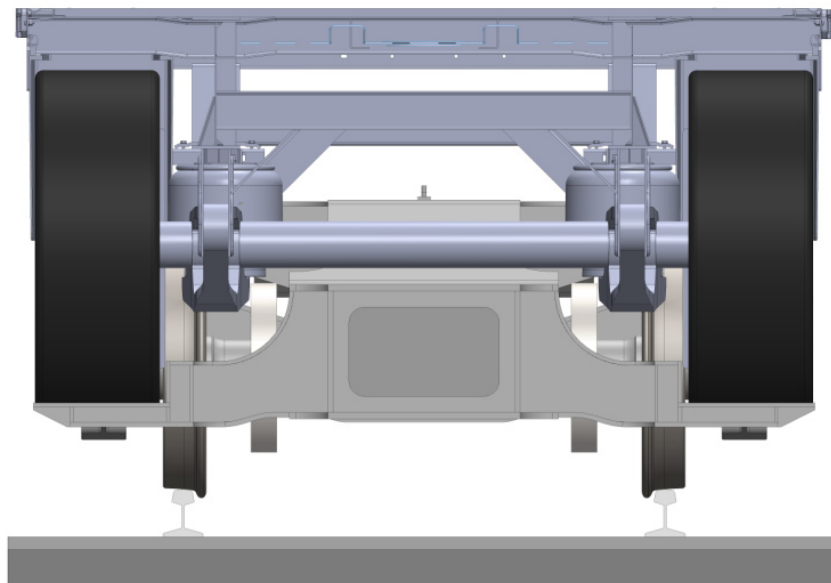
W omawianej koncepcji wagonu do transportu naczep gdzie opony naczepy są usytuowane na zewnętrznych półkach ustrojów nośnych platformy jest wymagana odpowiednio duża przestrzeń poprzeczna pomiędzy wewnętrznymi powierzchniami opon i przestrzeń pionowa określona poziomem drogi i dolną powierzchnią osi drogowych.

W przestrzeni tej są umieszczone główne ustroje nośne platformy wagonu, które ze względów wytrzymałościowych muszą mieć odpowiednio duże gabaryty, które w tym przypadku zapewniają wystarczającą wytrzymałość konstrukcji.

Jedynymi urządzeniami zabudowanymi na osiach drogowych to prowadzenie usprężynowania osi zaprezentowane na rys. 8 zlokalizowane w pobliżu opon. Urządzenie jest złożone ze wspornika **1** zespolonego z ramą **2** oraz wahacza **3** zamocowanego obrotowo w wsporniku **1**. Na końcu wahacza **3** na odpowiednio ukształtowanej płóce zabudowano miech nośny **4**, który oparto i zamocowano dolnym kołnierzem do półki wahacza **3**, a górny kołnierz miecha zamocowano do wspornika ramy **5**.



Rys. 8 – Prowadzenie i usprężynowanie osi

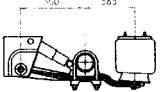
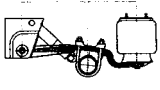

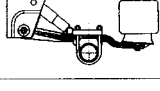
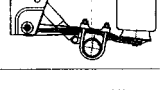


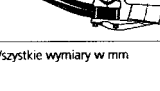


Rys. 9 – Przekrój poprzeczny przez wagon z naczepą

Na poprzecznym przekroju rys. 9 poprowadzonym przez podwozie naczepy i ustrój nośny wagonu pokazano wykorzystanie wolnej przestrzeni pomiędzy oponami i osią drogową naczepy. Kształt przekroju wagonu wynika z konieczności zagwarantowania odpowiednio dużej wolnej przestrzeni dla układu zawieszenia naczepy. Do analizy wybrano rodzaj zawieszenia zastosowanego w naczepie Wielton.

W tabeli 1 zaprezentowano inne typy zawiesznień stosowanych przez producentów naczep, które również mieszczą się w przestrzeni wyznaczonej dla zawieszenia osi drogowych.

Tabela 1

• Typ miecha pneumatycznego • Oznaczenie • Średnica • Skok zawieszania	Seria	Charakterystyka	Odmiany półresoru				Znamionowa wysokość jazdy	2618V 29	2918V 27 2919V*	2923V 31 2924V*	2926V 30 2927V*	3138 Na zapytanie 390
			100 x 51	100 x 43/43	100 x 60	100 x 54/54						
	U	Półresor pod osią	•	•			170 do 380	180	180	200	260	
	M	Półresor wygięty na osi	•	•			340 do 530	180	180	200	260	
	MT	Półresor wygięty na osi	•				250 do 410	180	180	200		
	O	Półresor na osi	•	•			400 do 600	180	180	200	260	
	EO	Półresor na osi	•	•			390 do 540	190	190	220		
	HU	Półresor pod osią, wydłużony			•	•	220 do 315			260	300	
	AR 421	Półresor pod osią, wydłużony				•	250 do 500				310	
	AR 421H	Półresor pod osią, wydłużony				•	380 do 480					420 przy 9 t 400 przy 10 t

Wszystkie wymiary w mm

4. Załadunek naczepek na wagon.

Załadunek naczepek na wagon jest realizowany na terminalu z odcinkiem toru prostego ułożonego na poziomie terminalu. Do przeładunku naczepek wykorzystuje się metodą poziomego przeładunku bez korzystania z dźwigowych urządzeń przeładunkowych.

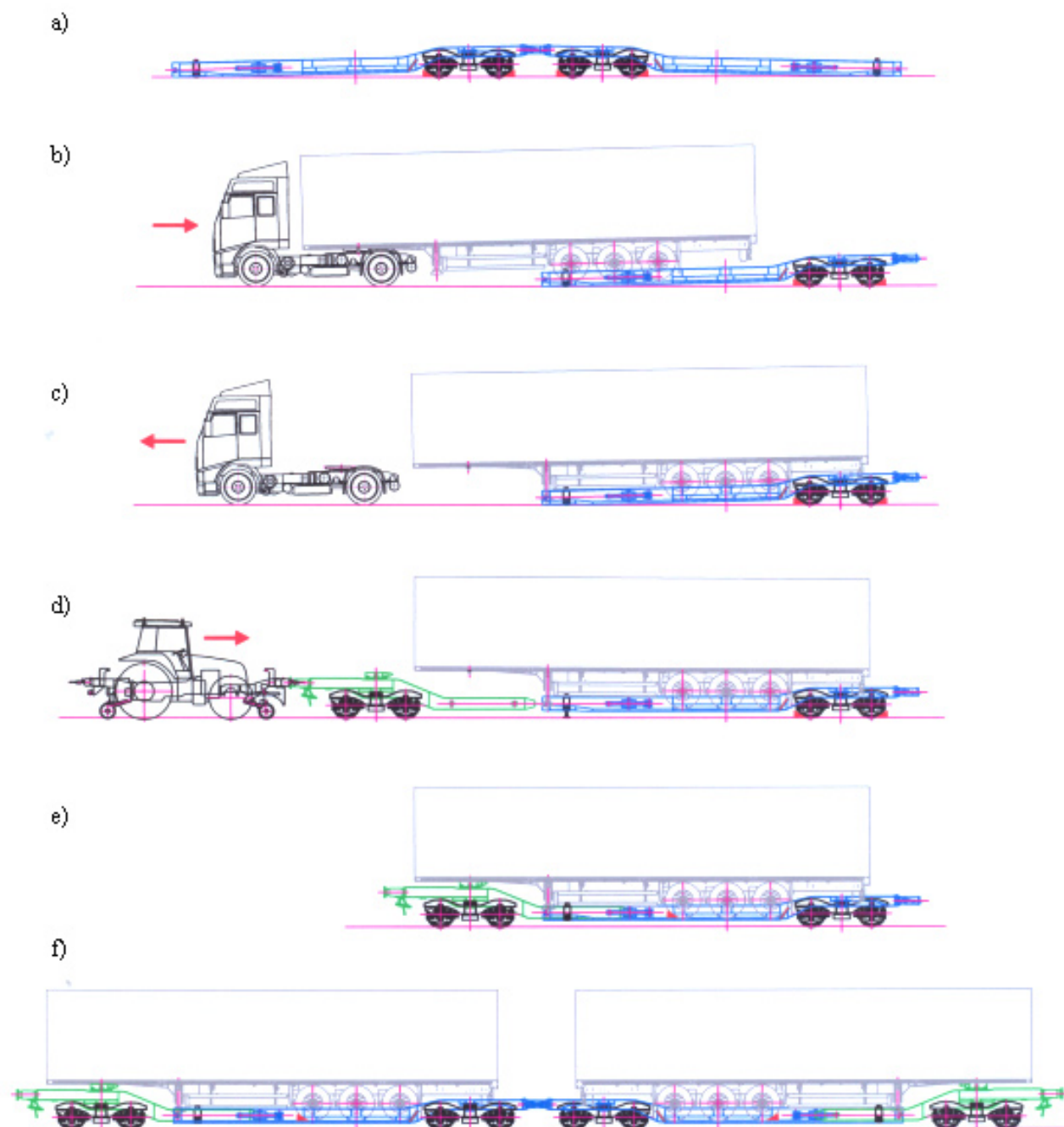
Poszczególne etapy załadunku naczepek na wagon zilustrowano na rys. 7.

Do załadunku naczepek na wagonie należy przygotować dwa segmenty wewnętrzne członu wagonu połączone sprzęgiem krótkospiętym, tak aby końce ram nośnych opartych na siłownikach hydraulicznych były opuszczone do poziomu terminala. Wózki zahamować hamulcem ręcznym, a pod koła osi zestawów podłożyć płozy hamujące (rys. 7a).

Za pomocą ciągnika siodłowego wprowadzić tyłem naczepek na półki ramy nośnej, tak aby opony tylnej osi jezdnej zostały oparte na ogranicznikach półek (rys. 7b).

Opuścić podpory naczepek do oparcia na półkach ramy nośnej, opróżnić miechy nośne z powietrza, wyjechać ciągnikiem siodłowym spod przodu naczepek (rys. 7c).

Za pomocą hydraulicznej pompy ręcznej lub agregatu pompowego podłączonej do siłowników hydraulicznych unieść ramę nośną do poziomu równoległego do podłoża terminala. Przetoczyć wózek z ramą zewnętrzną w kierunku ramy nośnej segmentu wewnętrznego, aby czop naprowadzający belki łącznikowej trafił w otwór belki centralnej ramy segmentu wewnętrznego (rys. 7d). Przepchać wózek z ramą zewnętrzną do oparcia czopa naprowadzającego o czop oporowy zabudowany w belce centralnej oraz oparcia siodła naczepek na siodle ramy nośnej zewnętrznej.



Rys.7 – Etapy procesu załadunku naczepy

Za pomocą odpowiedniego klucza zaryglować belką łącznikową w belce centralnej, łącząc w ten sposób człon wagonu. Unieść nogę podporową naczepy oraz podpory hydrauliczne zabezpieczyć odpowiednim klinem opony przedniej osi naczepy, odhamować wózek ramy wewnętrznej i wyjąć płozy spod kół wózka (rys. 7e).

W podobnej kolejności załadować naczepę na drugim członie wagonu (rys. 7f).

Prezentowany system transportowy pozwala na jednoczesny załadunek na wagon dwóch naczep co o połowę skraca czas formowania składu. Niezbędna do załadunku naczep hydrauliczna pompa może być na wyposażeniu terminala lub wożona na wagonie, umieszczona na belce końcowej ramy nośnej wewnętrznej.

4. Podsumowanie

Zaprezentowana w artykule koncepcja wagonu dwuczłonowego jest realną konstrukcją zweryfikowaną przeprowadzonymi wstępnymi badaniami symulacyjnymi wytrzymałości ustrojów nośnych wagonu oraz w zakresie wymagań dotyczących bezpieczeństwa i dynamiki ruchu pociągu. Rozwiązanie konstrukcyjne wagonu zostało zgłoszone do ochrony w Urzędzie Patentowym RP i jest zarejestrowane pod numerem P-408778.

Polska należy do grupy największych przewoźników drogowych w Europie. Aby zmniejszyć negatywne skutki oddziaływania transportu drogowego na bezpieczeństwo ruchu na drogach oraz na środowisko naturalne należy przekierować część naczep drogowych na środki transportu kolejowego. Prowadzone w ostatnich latach inwestycje w polskich portach (kontenerowy terminal przeładunkowy w Gdańsku oraz gazoport w Świnoujściu) prowadzą do kumulacji dużej masy towarowej skoncentrowanej na bardzo małym obszarze kraju. Sprawne dostarczenie towarów do odbiorców krajowych i zagranicznych stanowi duże wyzwanie logistyczne. Winno też inspirować spedytorów do wdrażania innowacyjnych technologii transportowych. Jedną z nich może być technika transportu bimodalnego z wykorzystaniem cystern bimodalnych do przewozu gazu skroplonego z Gazoportu Świnoujście do krajowych odbiorców gazu.

System bimodalny można z powodzeniem zastosować do przewozu kontenerów wykorzystując uniwersalność systemu. W logistycznym łańcuchu transportowym należy przewidzieć zarówno pionowy przeładunek kontenerów na terminalach z urządzeniami dźwigowymi oraz przeładunek poziomy charakterystyczny dla transportu bimodalnego na terminalach bez przeładunkowych urządzeń dźwigowych.

Prezentowana w artykule koncepcja wagonu dwuczłonowego jest kolejną innowacyjną propozycją IPS „TABOR” do wykorzystania w ruchu kombinowanym kolejowo-drogowym.

Literatura

- [1] *Madej J., Medwid M., Cichy R., Jakuszko W., Nowaczyk T.: Modułowy system transportu naczep środkowych na wózkach kolejowych w ruchu kombinowanym kolejowo-drogowym. Pojazdy Szynowe 2/2012.*
- [2] *Merkisz-Guranowska A., Czerwiński J.: Stan rozwoju transportu intermodalnego w przewozach kolejowych kombinowanych w Polsce. XXI Konferencja Naukowa Pojazdy Szynowe. Wrocław-Wojanów, maj 2014.*
- [3] *Tomaszewski F., Medwid M., Nowaczyk T., Czerwiński J.: Cechy charakterystyczne modułowego systemu transportu naczep drogowych w odniesieniu do znanych systemów transportowych w ruchu intermodalnym kolejowo-drogowym. XXI Konferencja Naukowa Pojazdy Szynowe. Wrocław-Wojanów, maj 2014.*
- [4] *Madej J., Medwid M., Cichy R., Nowaczyk T.: Wybrane aspekty procesu tworzenia modelu modułowego systemu naczep drogowych w ruchu kombinowanym. XXI Konferencja Naukowa Pojazdy Szynowe. Wrocław-Wojanów, maj 2014.*
- [5] *Madej J., Medwid M., Stawecki W.: Bezpieczny sprzęg międzyczepowy dla modułu kolejowego uformowaniu naczep drogowych w kombinowanym ruchu kolejowo-drogowym. XXI Konferencja Naukowa Pojazdy Szynowe. Wrocław-Wojanów, maj 2014.*