

doc. dr inż. Marian Medwid
Ośrodek Badawczo - Rozwojowy
Pojazdów Szynowych w Poznaniu.

System do transportu bimodalnego typu - TABOR

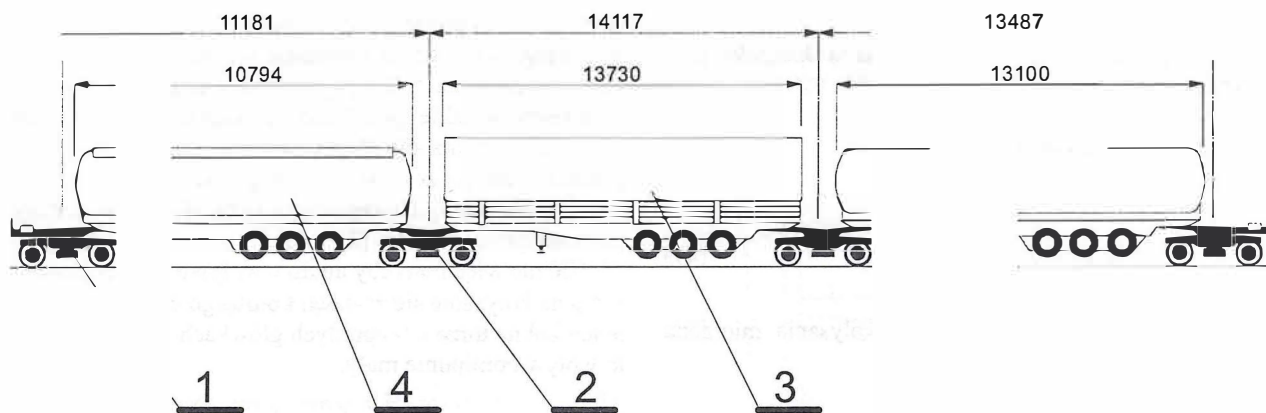
W artykule zaprezentowano rozwiązanie konstrukcyjne adaptera środkowego i skrajnego zastosowane w prototypie taboru do transportu bimodalnego. Opisano konstrukcję adapterów oraz urządzeń zabudowanych na adapterach, jak również konstrukcję wózka kolejowego typu 6TN i 6TN/1 oraz naczepy skrzyniowej wchodzących w skład prototypu pociągu bimodalnego. Przedstawiono wyniki analiz kinematycznych przejazdu pociągu przez minimalny łuk, rampę promową oraz nieckę toru. Ponadto dokonano oceny zalet polskiego rozwiązania na tle znanych rozwiązań zagranicznych taboru do transportu bimodalnego.

1. Wstęp

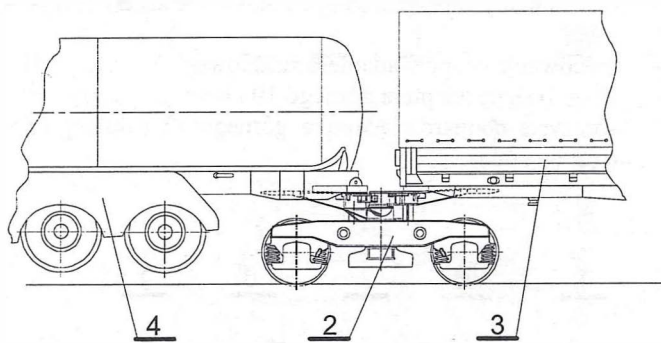
W latach 1993-1995 w Ośrodku Badawczo Rozwojowym Pojazdów Szynowych w Poznaniu opracowano dokumentację konstrukcyjną taboru do transportu bimodalnego. W oparciu o nią wykonano prototyp pociągu bimodalnego (rys.1, 1a, 1b) złożonego z dwóch wózków z adapterami skrajnymi 1,

dwóch wózków z adapterami środkowymi 2, skrzyniowej naczepy bimodalnej 3, cysterny bimodalnej 4 do przewozu benzyn, cysterny bimodalnej 5 do przewozu gazu skroplonego propan-butan.

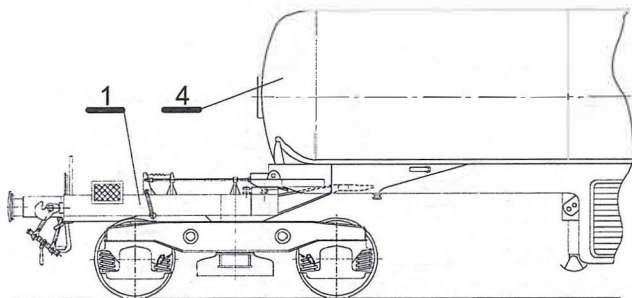
Na rys.1a i 1b przedstawiono połączenie naczep z adapterem środkowym oraz adapterem skrajnym.



Rys. 1. Zestaw bimodalny.



Rys. 1a. Połączenie naczep z wózkiem adaptera środkowego.



Rys. 1b. Połączenie naczep z wózkiem adaptera skrajnego.

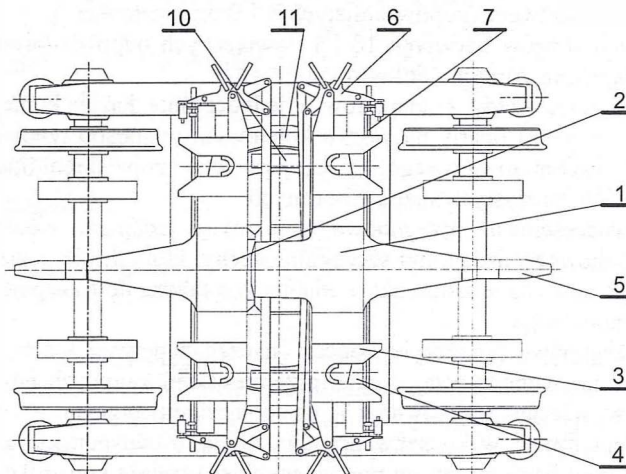
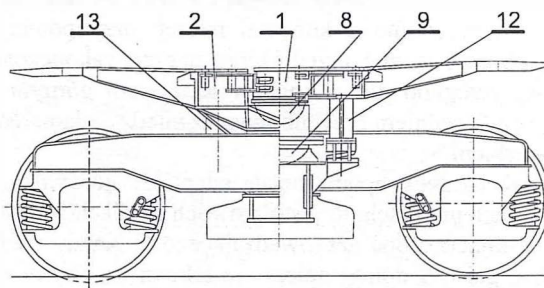
Części składowe pociągu wykonano pod nadzorem OBRPS w następujących zakładach przemysłowych :

- adaptory skrajne i środkowe w Zastalu-Wagony w Zielonej Górze,
- wózki wagonowe w Pafawagu-Wrocław,
- naczepę słazyniową w Fabryce Pojazdów Ciężarowych Zremb-Wrocław,
- cysterny do przewozu benzyn i gazu propan-butan w Przedsiębiorstwie Handlowo Produkcyjnym Zasta-Słupsk.

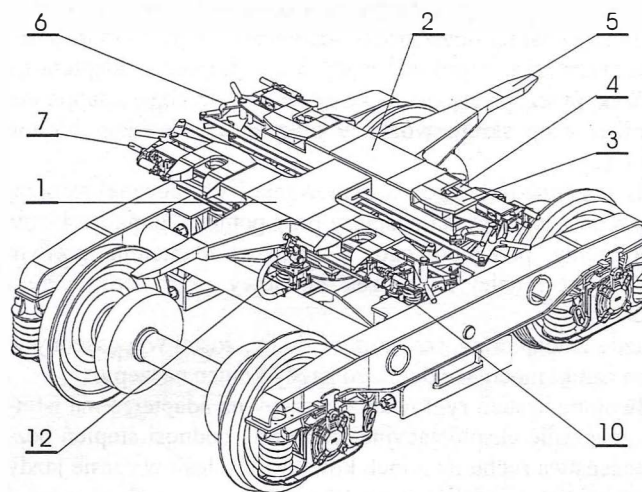
Montaż prototypu pociągu bimodalnego, oraz próby ruchowe na torach wykonano w OBRPS.

2. Części składowe pociągu.

2.1. Adapter wózka środkowego



Rys. 2. Adapter wózka środkowego



Rys. 2a. Adapter wózka środkowego w rzucie aksonometrycznym.

Adapter wózka środkowego (międzynaczepowy) jest przeznaczony do połączenia transportowego w uformowaniu kolejowym naczep samochodowych z wózkami wagonowymi oraz do przeniesienia na wózki wagonowe sił wzdłużnych, poprzecznych i pionowych, występujących między adapterami a naczepami.

Konstrukcja adaptera zapewnia równy nacisk zestawów kołowych wózka na szyny przy różnych masach własnych naczep i obciążeniach naczep umocowanych na adapterze.

Adapter wózka środkowego jest złożony z dwóch części występujących w postaci adaptera górnego 1 i adaptera dolnego 2. Adaptery górny i dolny są wykonane z blach zespa-

wanych ze sobą tak, że tworzą konstrukcje przestrzenne, w których są umocowane podzespoły i mechanizmy spełniające określone funkcje. Obie części adaptera wózka środkowego są związane nieruchomo z końcami naczep przy pomocy zamków 4. Stanowią one przedłużenie naczep zakończone połączeniem przegubowym 8 między adapterem górnym i dolnym oraz połączeniem przegubowym 9 między adapterem dolnym i wózkiem.

Każdy koniec naczepy opiera się na adapterze górnym lub dolnym w trzech punktach, to jest na dwóch siódlach adaptera 3 oraz na końcu czopa naprowadzającego 5. Każdy z adapterów, tzn. górny i dolny, opiera się z kolei na wózku za pośrednictwem czopów kulistych 8 i 9 oraz czterech sprężystych ślizgów bocznych 10 i 11 związanych odpowiednio z adapterem górnym i dolnym.

Tak więc każdy z adapterów a jednocześnie każdy koniec naczepy jest oparty na wózku kolejowym w sposób typowy dla wagonu towarowego, tzn. przy pomocy czopa skreśtu oraz dwóch sprężystych ślizgów bocznych.

Dwuczęściowa, przegubowa konstrukcja adaptera wózka środkowego nadaje mu szczególne cechy, których nie posiadają inne znane konstrukcje adapterowe taboru do transportu bimodalnego.

Przegubowe połączenie końców naczep zapewnia kinematyczną swobodę wzajemnych przemieszczeń kątowych końców naczep realizowanych na połączeniu przegubowym adapterów 8. W konsekwencji umożliwia to transport każdego typu naczepy, np. w postaci wiotkiej skrętnie konstrukcji naczepy skrzyniowej jak również sztywnej skrętnie naczepy zbiornikowej.

Siły oddziaływania naczepy na wózek kolejowy są przenoszone na adapter przez siódła adaptera 3 i w niewielkim stopniu przez czop naprowadzający 5 a następnie z adaptera na wózek przez przegubowe połączenie 8 między adapterami i przez czop skreśtu wózka 9 oraz sprężyste ślizgi boczne 10 i 11.

Siły poziome (pociągowe, hamowania i siły boczne) są przenoszone z naczepy na adaptery przy pomocy zamków 4 oraz połączenia przegubowego 8 między adapterem górnym i dolnym i dalej na wózek kolejowy przez czop skreśtu wózka 9.

Każdy z adapterów, tzn. górny i dolny, został wyposażony w dwa zamki mocujące do niego każdy koniec naczepy.

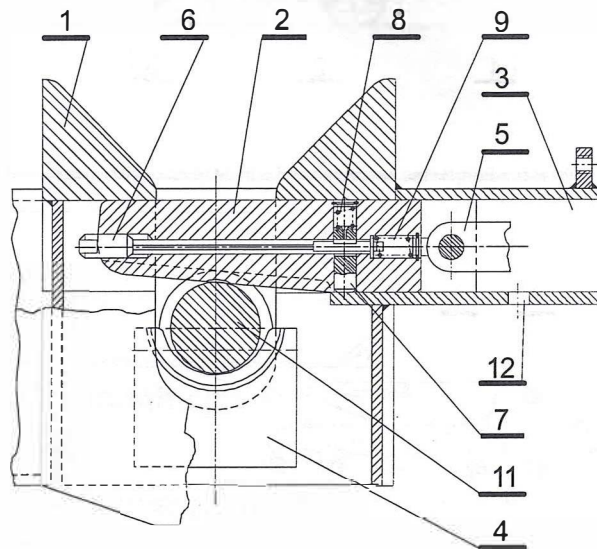
Zdwojony system ryglowania naczepy na adapterze ma istotne znaczenie eksploatacyjne, ponieważ podnosi stopień bezpieczeństwa ruchu na torach kolejowych. Jeśli w czasie jazdy nastąpi awaria jednego z zamków to sytuacja ta nie doprowadzi do rozerwania pociągu, ponieważ możliwa jest dalsza jazda awaryjna na jednym zamku.

2.1.1. Mechanizmy i podzespoły wchodzące w skład adaptera wózka środkowego

Dla realizacji zadanych funkcji adaptera na konstrukcji nośnej adaptera górnego i dolnego zamontowano następujące urządzenia:

- siódła adapterów 3 i zamki adapterów 4, (rys. 3 i 3a)
- mechanizmy dźwigniowe otwierania zamków 6, (rys. 3b)

- mechanizmy zabezpieczające i blokujące zamki 7, (rys. 4 i 4a)
- mocowanie czopów adaptera środkowego 8 i 9, (rys. 5)
- ślizgi boczne adaptera górnego 10 i dolnego 11, (rys. 6)
- sprężyste podparcie adaptera górnego 12 i dolnego 13, (rys. 6a i 6b).



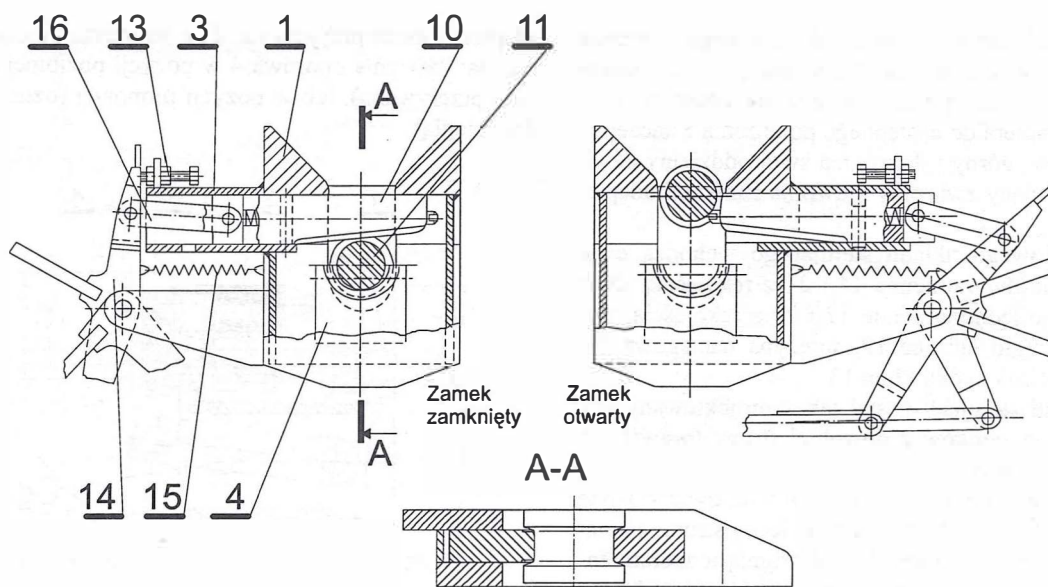
Rys. 3. Zamek adaptera.

Przedstawiony na rys.3 zamek adaptera służy do zaryglowania naczepy na adapterze po jej połączeniu z adapterem. Jest on zabudowany w siódlu adaptera 1 i składa się z klina 2, prowadnicy klina 3, wkładki oporowej 4, mechanizmu dźwigniowego 5.

Klin 2 jest podzespołem wyposażonym w mechanizm uruchamiający, w skład którego wchodzi: czop klina 6, kołek blokujący 7, sprężyna kołka blokującego 8, sprężyna czopa 9 i korpus klina 10.

Na rys.3a pokazano zamki adaptera, gdzie klin jest usytuowany w dwóch położeniach: klin wysunięty - zamek otwarty, klin wsunięty - zamek zamknięty. Przed najazdem naczepy na adapter klina adaptera są w pozycji wysuniętej - zamek otwarty. W tym położeniu klin jest blokowany kołkiem blokującym 7 (rys.3), który jest zagłębiony w otworze 12, prowadnicy klina 3, w wyniku działania siły sprężyny kołka blokującego 8. W momencie najazdu naczepy na adapter lub wózka z adapterem na naczepę, (w zależności od sposobu łączenia naczepy z adapterem) zamocowane na końcu naczepy sworznie kołnierzo-walcowe 11 przemieszczają się w wycięciach zamków w kierunku do wkładek oporowych 4.

Każdy czop swą powierzchnią walcową naciska na wystającą z korpusu klina 10 końcówkę czopa klina 6 pokonując opór sprężyny czopa 9.

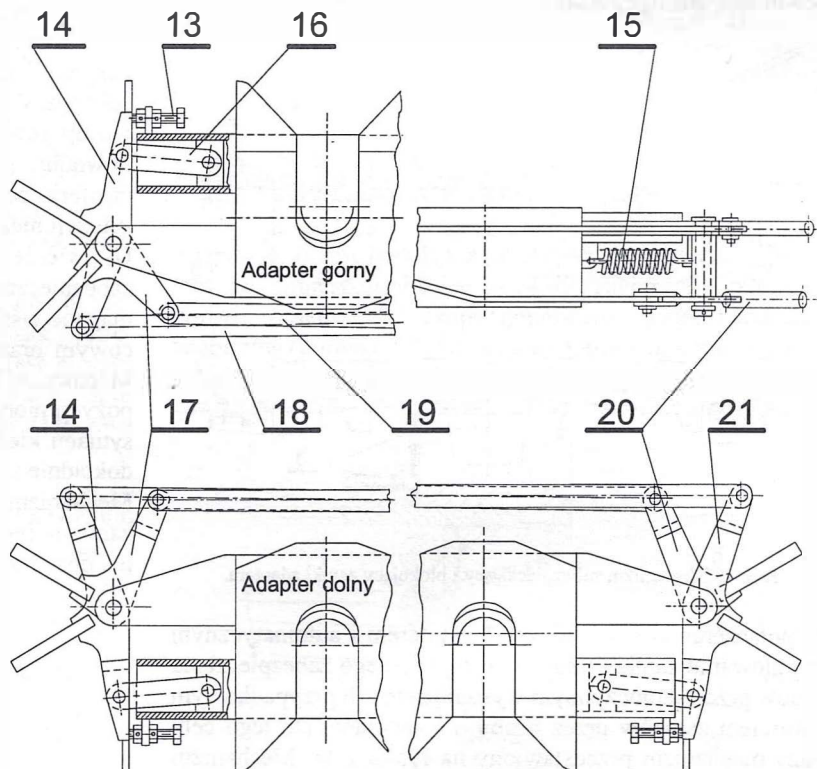


Rys. 3a. Zamki adaptera w położeniu otwartym i zamkniętym.

Czop klina 6 w miejscu współpracy czopa z kołkiem blokującym 7 ma odpowiednio ukształtowaną powierzchnię w postaci równi pochyłej. Powoduje to, że podczas przesuwania się czopa klina w jego korpusie, następuje równoczesne przemieszczenie kołka blokującego 8. Przesunięcie kołka blokującego powoduje jego wyjście z otworu 12 w prowadnicy klina i odblokowanie klina, umożliwiające jego przesunięcie w kierunku czopa kołnierzo walcowego 11, a po dojściu czopa do wkładki oporowej 4, szybkie zaryglowanie czopa 11 w siodle adaptera 1. Szybkie zaryglowanie czopa 11 w siodle adaptera 1 umożliwia napięta sprężyna naciągowa 15 (przy otwartym zamku), zamontowana pomiędzy dźwignią dwuramienną 14 a belką adaptera.

Głębokość wejścia klina, czyli jego ustawienie w położeniu zamka zamkniętego jest ustalona ogranicznikiem 13, przy pomocy którego jest regulowane położenie klina w stosunku do czopa kołnierzo walcowego 11, tak aby luz między klinem a czopem wynosił $\sim 0,5$ mm przy czopie przypartym do wkładki oporowej 4. Zamknięcie zamka następuje automatycznie w czasie łączenia naczepy z adapterem, natomiast otwarcie zamka jest wykonane ręcznie przy pomocy dźwigniowego układu sterującego 14 rys.3a i 3b.

Korpus klina 10 jest połączony cięgiem 16 z dźwignią 14 układu sterującego, zamocowaną obrotowo do belki adaptera. Pociągając za rączką dźwigni 14 i pokonując opór sprężyny 15, dźwignia wykonuje obrót, wyciągając przy pomocy cięgiła 16, klin do położenia - zamek otwarty. W tym położeniu kołek blokujący 7 pod działaniem siły sprężyny kołka blokującego 8, wchodzi w otwór 12 prowadnicy klina blokując go i czyniąc zamek gotowy do następnego połączenia naczepy z adapterem.



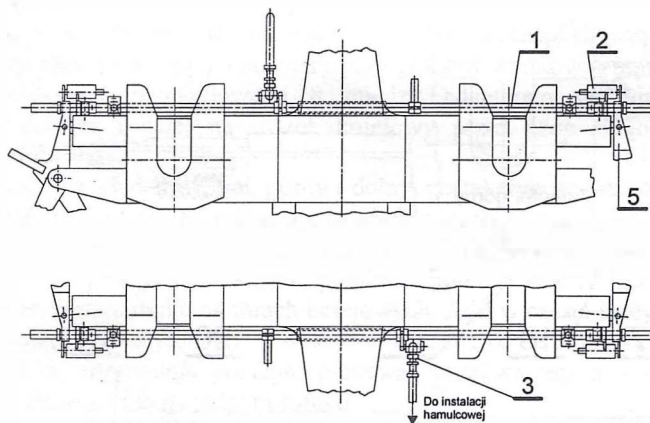
Rys. 3b. Dźwigniowy układ sterujący.

Dźwigniowy układ sterujący służy do ręcznego otwarcia zamków adaptera w celu umożliwienia rozłączenia pociągu bimodalnego, czyli odłączenia naczepy od adaptera, oraz przygotowania adaptera do następnego połączenia z naczepą. Każdy z adapterów, górny i dolny, ma swój oddzielny dźwigniowy układ sterujący związany z dwoma zamkami adaptera.

W skład dźwigniowego układu sterującego wchodzi dwie obrotowe dźwignie dwuramiennie 14 i 21 z rękojeścią, dwie obrotowe dźwignie jednoramiennie 17 i 20 z rękojeścią, cięgło łączące 18, cięgło łączące 19, sprężyna naciągowa 15, cięgło 16 i ogranicznik skoku klina 13.

Dźwigniowy układ sterujący został tak zaprojektowany aby umożliwić otwarcie zamków z dowolnej strony (prawej lub lewej) pociągu bimodalnego.

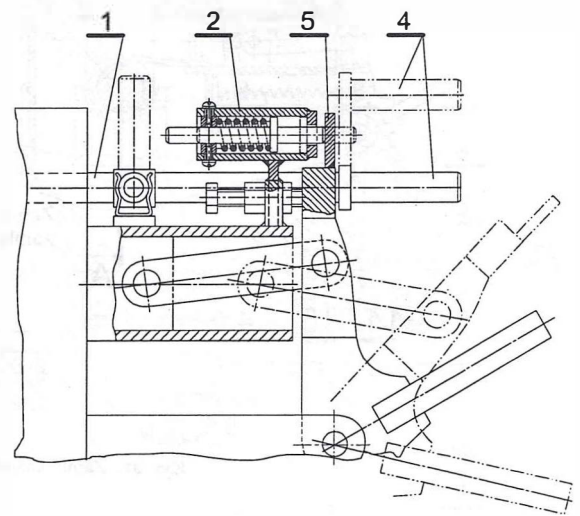
Efekt ten uzyskano w ten sposób, że dźwignia dwuramienna 14, połączona z klinem usytuowanym po lewej stronie pociągu, jest dalej połączona cięgłem 18 z dźwignią jednoramienną 20 usytuowaną po prawej stronie pociągu. Podobnie dźwignia dwuramienna 21 połączona z klinem po prawej stronie pociągu, jest dalej połączona cięgłem 19 z dźwignią jednoramienną 17 umieszczoną po lewej stronie pociągu. W ten sposób np. klin usytuowany po lewej stronie pociągu można otworzyć przy pomocy dźwigni dwuramiennej 14 jak również przy pomocy dźwigni jednoramiennej 20. Sformułowane w karcie UIC 597, przepisy dotyczące projektowania taboru bimodalnego stanowią, aby urządzenia sterujące otwieraniem zamków były wyprowadzone na jedną stronę, to jest lewą stronę pociągu. Takie usytuowanie urządzeń sterujących ograniczą możliwości obsługi pociągu. Wyprowadzenie urządzeń sterujących na obie strony pociągu stwarza dowolność obsługi pociągu.



Rys. 4. Mechanizm zabezpieczający i blokujący zamki adaptera.

Po połączeniu końca naczepy z adapterem i automatycznym zaryglowaniu zamków dokonuje się ręcznego zabezpieczenia klinów przed samoczynnym wysunięciem lub przypadkowym otwarciem zamków przez osoby niepowołane. Do tego celu służy mechanizm przedstawiony na rys. 4 i 4a. Mechanizm zabezpieczający i blokujący zamki składa się z następujących podzespołów: wykorbionego wałka 1, sprężynowego mechanizmu blokującego 2, zaworu odcinającego 3. Wykorbiony wałek 1 jest ułożyskowany obrotowo we wspornikach ściany

adaptera i może przyjmować dwa położenia przedstawione na rys. 4a: dźwignia oporowa 4 w pozycji poziomej (oznaczona linią przerywaną), lub w pozycji pionowej (oznaczona grubą linią ciągłą).



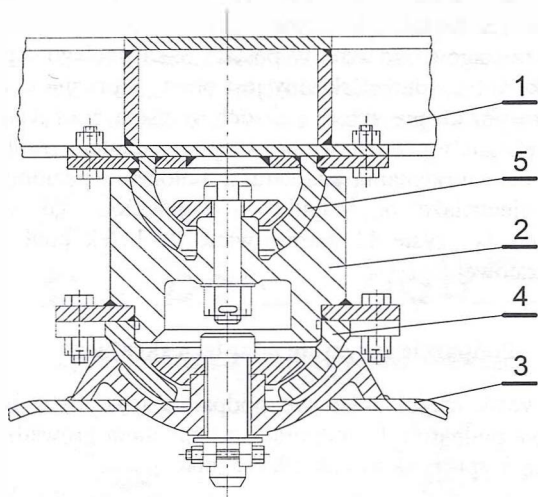
Rys. 4a. Blokada zabezpieczenia klinów.

Położenie poziome dźwigni oporowej stanowi pozycję „odbezpieczenie”, zaś położenie pionowe dźwigni oporowej – „zabezpieczenie”.

Położenie dźwigni oporowej w pozycji „zabezpieczenie” uniemożliwia samoczynne wysunięcie klina z zamka lub przypadkowe wysunięcie klina przez pociągnięcie rękojeści układu dźwigniowego 5. Wykorbiony wałek 1 jest połączony odpowiednim mechanizmem dźwigniowym z zaworem odcinającym 3 powiązany z pneumatycznym układem hamulca pociągu. W położeniu poziomym (stan odbezpieczony) dźwignia oporowej 4 zawór odcinający 3 jest w stanie otwarty. Powoduje to upust powietrza z układu hamulcowego do atmosfery, co nie pozwala na uruchomienie składu pociągu w sytuacji niezabezpieczonych klinów zamków.

Ustawienie dźwigni oporowej 4 w pozycji pionowej (stan zabezpieczony) zamyka zawór odcinający 3 utrzymując wymagane ciśnienie powietrza w głównym przewodzie hamulcowym oraz umożliwiając ruszenie i jazdę składu pociągu. Mechanizm blokujący 2 zapobiega możliwości ustawienia do pozycji pionowej (stan zabezpieczony) dźwigni oporowej 4 w sytuacji kiedy jeden z klinów lub dwa kliny zamków nie są dokładnie ustawione w pozycji „zamek zamknięty”.

Mechanizm sterowania układu zabezpieczenia i blokady zamków jest odpowiednio obudowany w celu uniemożliwienia dostępu dla osób nieupoważnionych do obsługi pociągu.



Rys. 5. Mocowanie czopów adaptera środkowego.

Na rys.5 pokazano sposób oparcia centralnego adapterów, górnego 1 i dolnego 2, na ramie wózka 3.

Adapter dolny 2 jest oparty na ramie wózka 3 w sposób tradycyjny, przy pomocy typowego czopa kulistego 4 stosowanego w wagonach towarowych.

Adapter górny 1 zamocowano na adapterze dolnym 2 również przy pomocy czopa kulistego 5, ale o mniejszej średnicy. Czop skrętu wózka 4 zaopatrzone we wkładkę cierną z odpowiedniego tworzywa dla wywołania wymaganego momentu oporowego skrętu wózka względem adaptera.

Górny czop kulisty 5 i gniazdo kuliste adaptera dolnego jest smarowane w celu minimalizacji momentu oporowego skrętu adaptera górnego względem dolnego. Wymagany moment oporowy wózka względem pudła wynosi około 10^{44} KNm. Teoretyczny moment oporowy dla próżnych naczeł wynosi około 11 KNm. Proporcje podziału momentu oporowego dla stanu próżnego naczeł wynoszą: około 60% momentu przyjmują ślizgi boczne, a 40% momentu oporowego wywołuje czop skrętu wózka. W stanie załadowanym naczeł, wzrost momentu oporowego występuje na czopie skrętu wózka, natomiast moment oporowy od ślizgów bocznych pozostaje bez zmian.

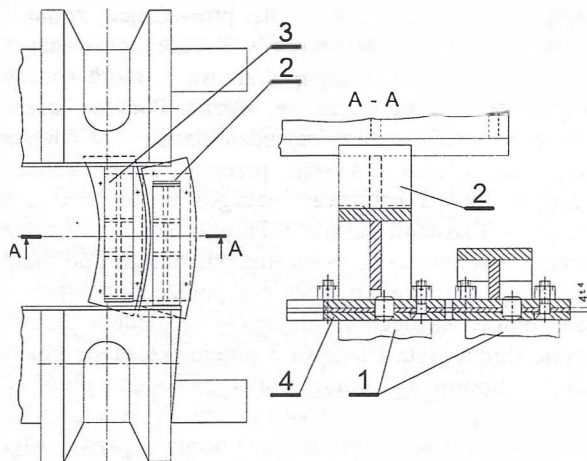
Ślizgi boczne adaptera środkowego (rys. 6) służą do boczno, sprężystego podparcia nadwozia na ramie wózka i przenoszą siły boczne działające na nadwozie oraz część ciężaru nadwozia. Na belce bujawkowej wózka zamontowano odpowiednio rozstawione cztery sprężyste ślizgi boczne 1, po dwa z każdej strony wózka.

Podobnie adapter górny i dolny zaopatrzone w odpowiednio rozstawione wsporniki, zewnętrzne 2 dla adaptera dolnego i wewnętrzne 3 dla adaptera górnego, wyposażone w płyty ślizgowe 4 współpracujące ciernie z płytami ślizgów bocznych 1.

Płyta każdego ślizgu bocznego jest oparta na dwóch sprężynach. Ugięcie dynamiczne sprężyn wynosi:

- dla ślizgów zewnętrznych 12 mm,
- dla ślizgów wewnętrznych 10 mm.

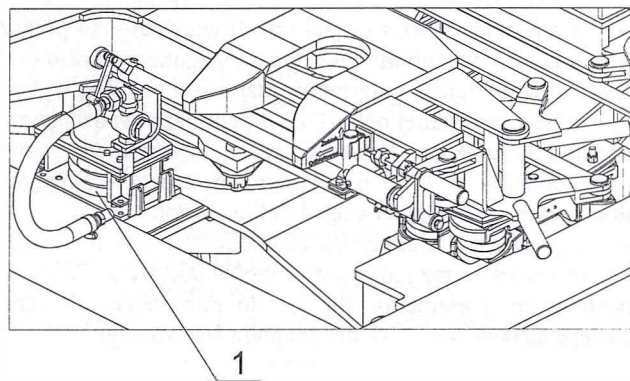
Wartość ugięcia dynamicznego sprężyn ślizgów ma wpływ na wartość przemieszczeń bocznych nadwozia wywołanych jego kołysaniem. Duże przemieszczenia boczne nadwozia



Rys. 6. Ślizgi boczne adaptera.

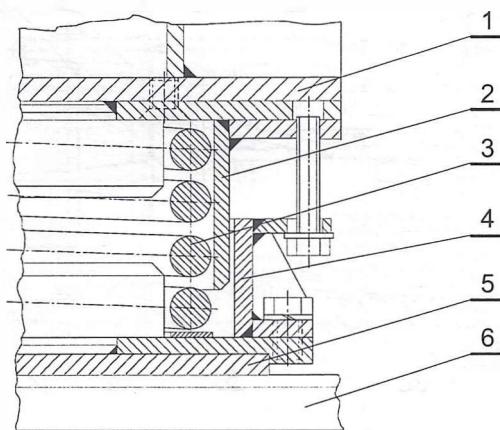
w jego górnej strefie stwarzają niebezpieczeństwo przekroczenia skrajni kolejowej.

Górny i dolny adapter jest dodatkowo podparty sprężysto w celu utrzymania poziomego położenia w stanie próżnym (bez obciążenia naczeł).



Rys. 6a. Ślizgi boczne i podparcie środkowe adaptera.

Podparcie to jest wykonane w postaci sprężystego ślizgu 1 (rys. 6a) umieszczonego w osi wzdłużnej wózka pomiędzy dolnym pasem belki czopa naprowadzającego każdego z adapterów (górnego i dolnego) a wspornikiem umieszczonym na środnikach belki bujawkowej wózka.



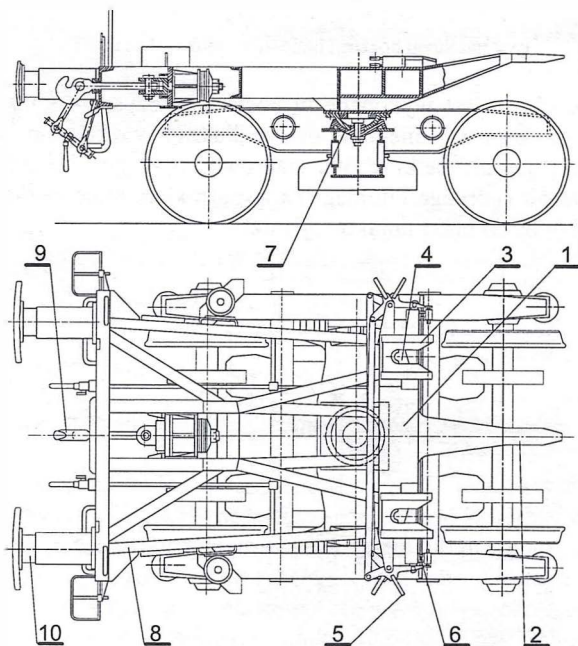
Rys. 6b. Podparcie środkowe adaptera.

Podparcie środkowe pokazano na rys. 6b. Składa się ono z płyty oporowej adaptera 1, tulei prowadzącej górnej 2, tulei prowadzącej dolnej 4 i sprężyny 3. Tuleja prowadząca dolna 3 jest wyposażona w płytę ślizgową 5, która spoczywa na wsporniku 6 belki bujawkowej wózka. Podczas łączenia naczepy z adapterem, przy najjeździe naczepy na adapter poniżej siodła adaptera, wystąpi przemieszczenie końca dyszla adaptera (czopa naprowadzającego) w dół a tym samym sprężyna 3 zostanie ściśnięta. Po połączeniu naczepy z adapterem dyszel wraca do położenia poziomego i po rozłączeniu naczepy z adapterem pozostaje w położeniu poziomym. Podczas obrotu każdego z adapterów względem pionowej osi czopa skreću płyta ślizgowa 5 przemieszcza się poziomo po płycie wspornika 6 umożliwiając swobodny obrót adaptera względem pionowej osi czopa skreću. Płyta wspornika 6 jest smarowana w celu zminimalizowania wpływu siły tarcia między płytami 5 i 6 na wzrost momentu oporowego wózka względem adapterów.

2.2. Adapter wózka skrajnego

Adapter wózka skrajnego (rys. 7) służy do połączenia z wózkiem kolejowym skrajnych naczep składu pociągu oraz do połączenia bimodalnego składu pociągu z lokomotywą lub innym składem towarowym.

Adapter skrajny składa się z części umożliwiającej jego połączenie z naczepą oraz z części umożliwiającej jego połączenie z lokomotywą lub innym składem wagonów towarowych. Część umożliwiająca połączenie adaptera z naczepą wykonano w postaci spawanej belki 1 z czopem naprowadzającym 2, siodłami 3, zamkami 4, mechanizmem dźwigniowym otwierania zamków 5 oraz mechanizmem zabezpieczającym i blokującym 6. W dolnej części belkę 1 zaopatrzono w typowy czop skreću 7 służący do zamocowania adaptera końcowego na wózku oraz jedną parę ślizgów bocznych. Wszystkie mechanizmy i elementy służące do połączenia adaptera z naczepą są takie same jak dla adaptera środkowego.

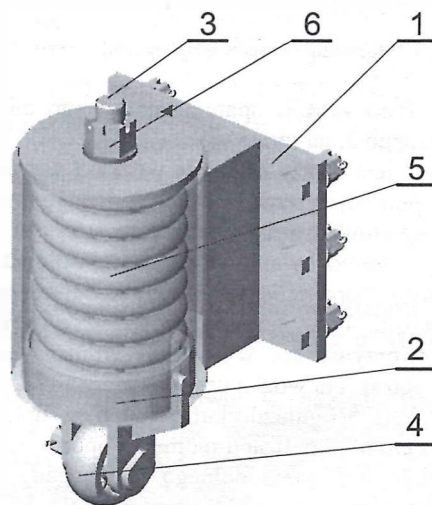


Rys. 7. Adapter wózka skrajnego.

Część adaptera umożliwiającą jego połączenie z lokomotywą wykonano w kształcie kratowej ramy 8 wyposażonej w urządzenie pociągowo-zderzne w postaci haka pociągowego 9 i zderzaków 10. Adapter skrajny jest oparty na ramie wózków na typowym czopie skreću i dwóch ślizgach bocznych. Ze społy te zostały przedstawione w opisie adaptera środkowego. W celu utrzymania adaptera w położeniu poziomym w stanie nieobciążonym dodatkowo wyposażono go w dwa podparcia sprężyste 11 zamocowane do belek podłużnych ramy kratowej 8.

2.2.1. Podparcie sprężyste adaptera skrajnego

Podstawowe części składowe podparcia (rys. 8) stanowią: obudowa podparcia 1, podpora 2 z trzpieniem prowadzącym 3 i rolką 4, sprężyna 5 i nakrętka regulacyjna 6.



Rys. 8. Podparcie adaptera

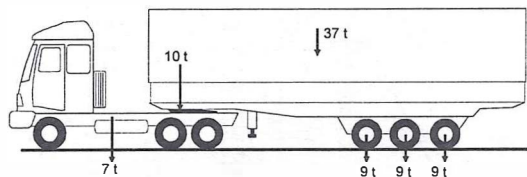
Obudowa podparcia 1 jest zamocowana do ramy kratowej adaptera a rolka 4 opiera się na płycie oporowej usytuowanej na górnym pasie belek podłużnych ramy wózka. W ten sposób, przy odpowiednim wyregulowaniu napięcia sprężyny 5, podparcia utrzymują adapter końcowy w położeniu poziomym w jego nieobciążonym stanie. Po połączeniu naczepy z adapterem skrajnym za pomocą nakrętki regulacyjnej 6, unosi się rolkę 4 na wysokość ~ 10 – 15 mm od płyty oporowej umieszczonej na ramie wózka. Wytworzony luz między rolką a płytą oporową jest konieczny dla uzyskania swobody kinematycznej między wózkiem i adapterem umożliwiającą przemieszczenia pionowe końców ramy wózka.

2.3. Naczepa bimodalna.

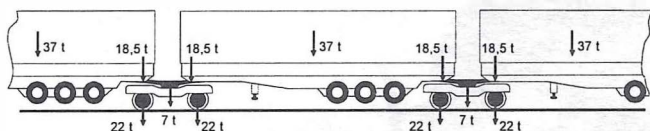
Przegubowa konstrukcja adaptera środkowego umożliwia transport w systemie bimodalnym dowolnego typu naczepy, dlatego w prototypowym zestawie bimodalnym składającym się z trzech naczep, wykonano jedną naczepę skrzyniową-otwartą, wiotką skrećnie w płaszczyźnie ramy naczepy, oraz dwie naczepy zbiornikowe, których konstrukcja charakteryzuje się bardzo dużą sztywnością skrećną.

W przepisach dotyczących wymagań do projektowania i badań zespołów taboru bimodalnego - Karta UIC-597, określono maksymalną masę naczepy bimodalnej do 38,5 tony, w

tym 1,5 tony na przeładowanie naczepy. Ograniczenie maksymalnej masy naczepy do 37 ton + 1,5 tony przeładowania, wynika z konieczności spełnienia warunku nie przekroczenia dopuszczalnego nacisku osi drogowej na drogę kołową max - 9 ton oraz osi wózka kolejowego na tor max - 22,5 tony.



Rys. 9. Rozkład mas i nacisków pojazdu drogowego.



Rys. 10. Rozkład mas i nacisków w uformowanym zestawie kolejowym.

Warunki te zostają spełnione na drodze kołowej przy następujących założeniach:

- max masa ciągnika siodłowego 7 ton,
- masa naczepy 37 ton,
- nacisk na siodło ciągnika drogowego 10 ton.

Przy tych parametrach maksymalna masa ciągnika drogowego wraz z naczepą wynosi 44 tony. Bimodalna naczepa w uformowaniu kolejowym przenosi znaczne obciążenia wzdłużne wynikające z istniejących w ruchu kolejowym sił pociągowych i hamowania.

Zmienia się również sposób podparcia ramy naczepy. W ruchu drogowym rama naczepy opiera się na siodle ciągnika oraz osiach drogowych usytuowanych w pewnej odległości od końców naczepy.

W ruchu kolejowym naczepa jest oparta na wózkach kolejowych za pośrednictwem adapterów, przy czym punkty oparcia naczepy są umieszczone na obu końcach jej ramy.

Zatem rozstaw podpór ramy naczepy w ruchu kolejowym jest dużo większy w porównaniu z rozstawem podpór ramy w ruchu drogowym. Powoduje to konieczność zwiększenia wytrzymałości i sztywności struktury nośnej naczepy bimodalnej, przez co naczepa bimodalna jest około 1 tony cięższa od tradycyjnej naczepy drogowej.

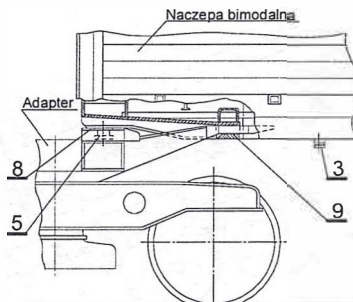
Na pierwszy rzut oka nie widać różnicy w budowie naczepy bimodalnej w porównaniu z naczepą drogową.

Jednak istnieją następujące istotne różnice charakteryzujące naczepę bimodalną:

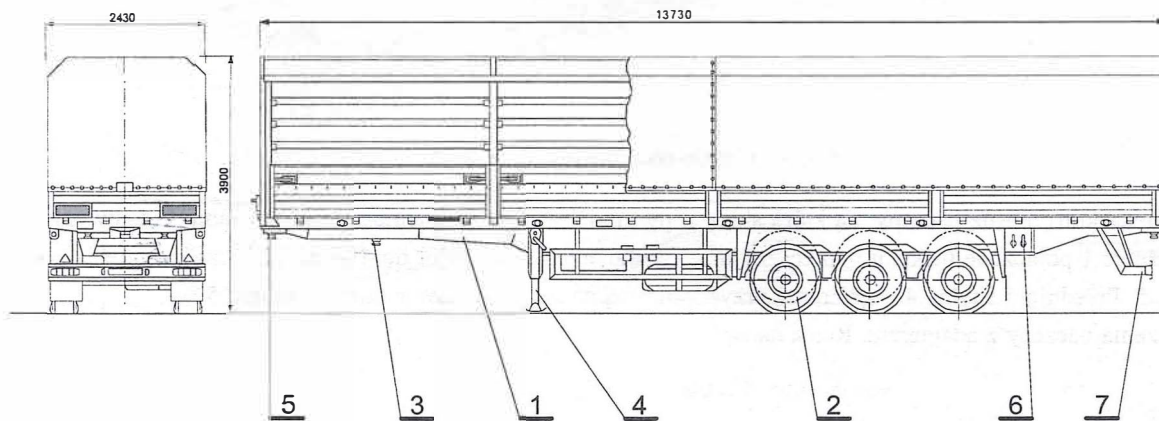
- struktura nośna naczepy o większej wytrzymałości i sztywności spełniająca wymagania wytrzymałościowe Karty UIC-597,
- końce naczep przystosowane do połączenia z adapterami wózka kolejowego w postaci dwóch czopów sprzęgowych i otworu centrującego,
- usprężynowanie pneumatyczne naczepy na miechach o odpowiednio dużym skoku zapewniającym uniesienie tyłu naczepy w czasie łączenia z adapterem,
- zabudowane dodatkowe miechy do podnoszenia osi drogowych w uformowaniu kolejowym w celu zachowania skrajni kolejowej,
- zabudowany system ryglowania osi drogowych w stanie uniesionym w uformowaniu kolejowym,
- zabudowany odchylny zderzak tylny naczepy,
- zabudowany przewód hamulcowy do hamulca kolejowego zakończony węzami sprzęgu hamulcowego.

Na rys. 11, 12, 13 przedstawiono budowę i elementy składowe skrzyniowej naczepy bimodalnej, gdzie poszczególne oznaczenia cyfrowe pokazują:

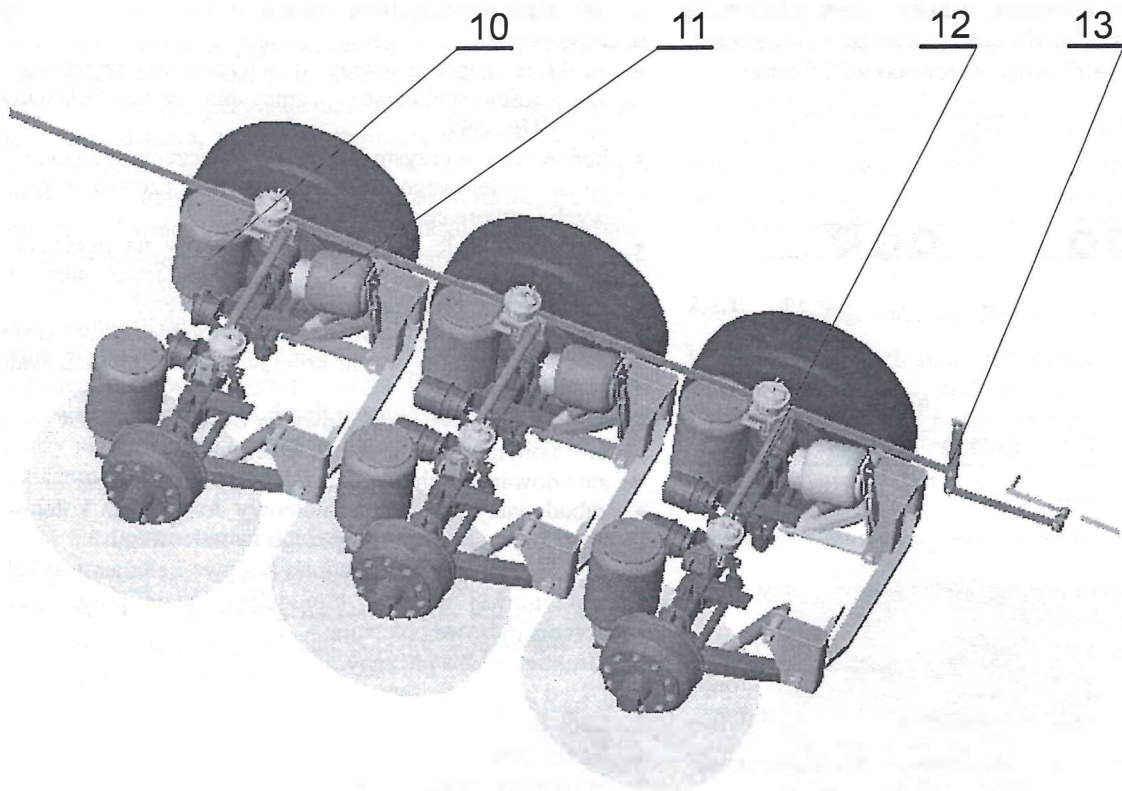
1. Struktura nośna naczepy.
2. Układ jezdyny naczepy.
3. Czop drogowy.
4. Noga podporowa.
5. Sprzęgowe czopy kolejowe.
6. Zawory sterujące układem zawieszenia.
7. Odchylny zderzak.
8. Siodła naczepy.
9. Otwór centrujący.
10. Miechy usprężynowania naczepy.
11. Miechy podnoszenia osi.
12. Układ ryglowania osi.
13. Układ blokady oraz wskaźnik zaryglowania osi.



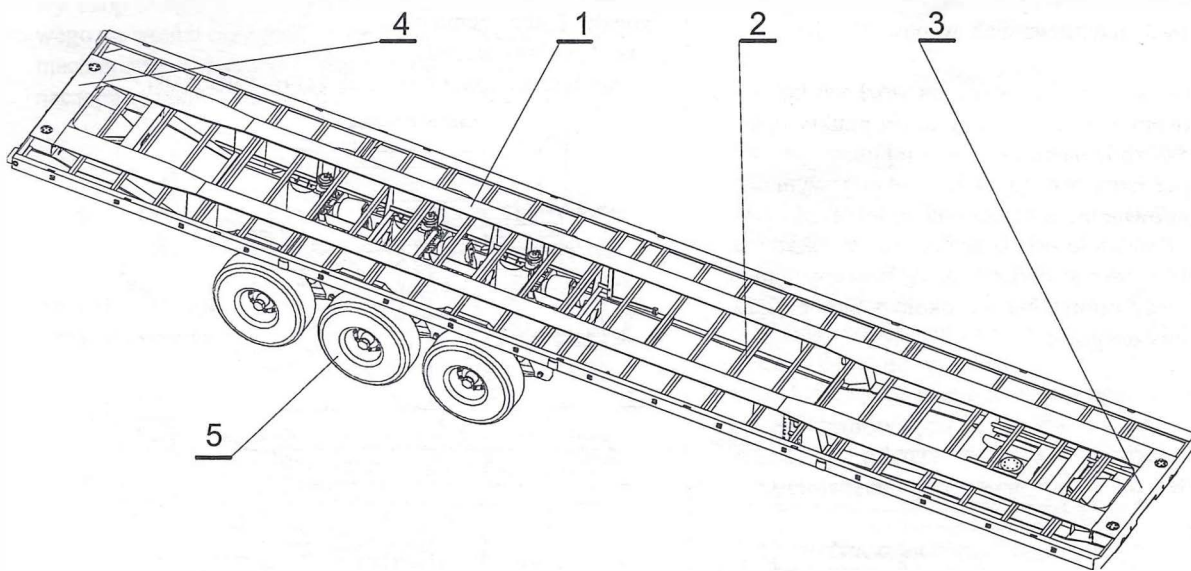
Rys. 12. Połączenie adaptera z naczepą.



Rys. 11. Naczepa bimodalna.



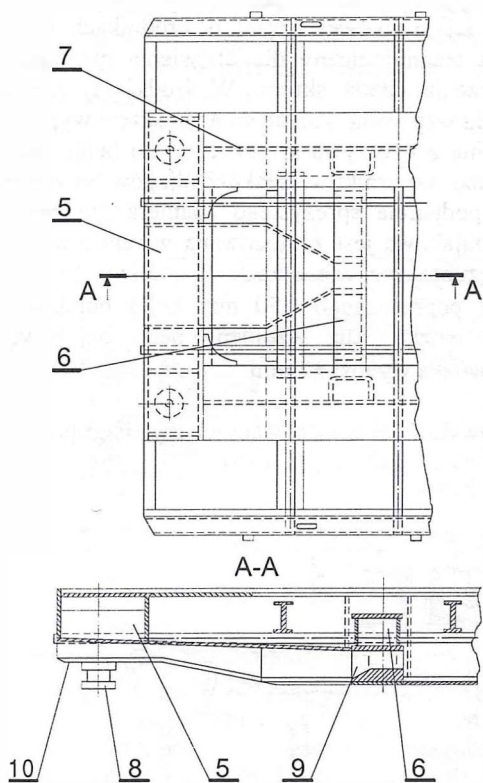
Rys. 13. Układ jezdny naczepy.



Rys. 14. Struktura nośna naczepy.

Na rys. 14 pokazano strukturę nośną naczepy, na którą składają się dwie podłużnice 1 połączone belkami poprzecznymi 2 oraz układ jezdny 5. Przednią 3 i tylną 4 część ramy przystosowano do połączenia naczepy z adapterem. Rama naczepy

umożliwia przeniesienie, w uformowaniu kolejowym, sił wzdłużnych o wartości do 100 kN, a strzałka ugięcia ramy nośnej naczepy obciążonej nie przekracza 5 %.



Rys. 15. Naczepa bimodalna – rama, część przednia

Na rys. 15 pokazano rozwiązanie przedniej części ramy. Składa się ona z dwóch belek poprzecznych - belki zewnętrz-

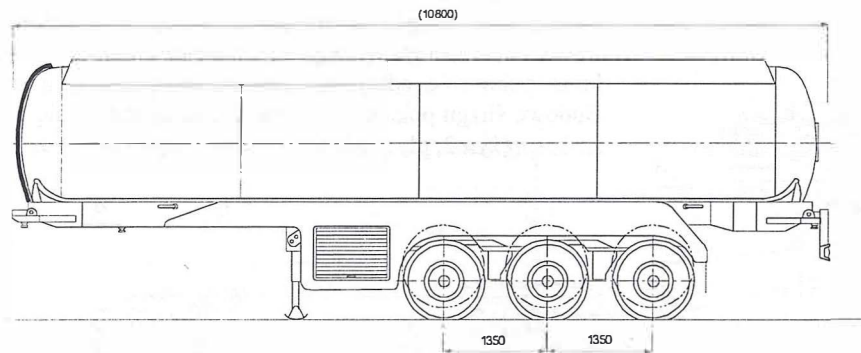
nej 5 i belki wewnętrznej 6 oraz dwóch belek podłużnych 7 (podłużnic I, rys. 6.) Belka poprzeczna zewnętrzna 5 ma na szerokości rozstawu środków belek podłużnych 7, zamontowane dwa czopy kołnierzo-walcowe 8 typu Jost, o średnicy $3\frac{1}{2}$ ". Czopy te służą do zamocowania naczepy na adapterach wózków kolejowych. Belka poprzeczna wewnętrzna 6 ma w swej części środkowej odpowiedni otwór centrujący 9, służący do zamocowania dyszla adaptera wózka kolejowego. W okolicy czopów sprzęgowych (kołnierzo-walcowych) usytuowano siodła naczepy 10, na których koniec naczepy spoczywa na siodłach adaptera.

Dwa czopy sprzęgowe 8 i siodła naczepy 10 współpracują z siodłami i urządzeniami ryglującymi adaptera, natomiast otwór centrujący 9 w belce poprzecznej 6 służy do umieszczenia w nim czopa naprowadzającego dyszla adaptera.

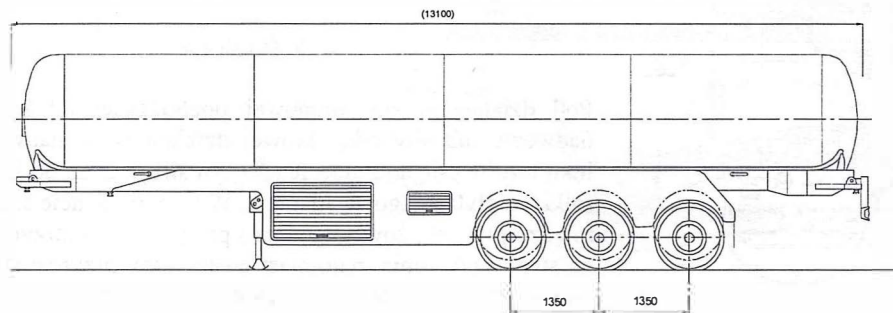
Obciążenie pionowe jest przenoszona z naczepy na adapter na dwóch siodłach naczepy w okolicy czopów sprzęgowych oraz przez powierzchnię dolną lub górną otworu w belce poprzecznej naczepy.

Siły pociągowe i poprzeczne pomiędzy naczepą i adapterem są przekazywane za pośrednictwem czopów sprzęgowych naczepy oraz urządzeń ryglujących adaptera.

Przegubowa konstrukcja adaptera środkowego umożliwia bezpieczny przewóz w systemie bimodalnym naczep w postaci sztywnych brył jakimi są naczepy zbiornikowe. Polska jest pierwszym krajem w Europie, w którym zaprojektowano i wykonano dwie naczepy bimodalne zbiornikowe do przewozu benzyn i skroplonego gazu propan butan, przedstawione na rys. 16 i 17.



Rys. 16. Cysterna bimodalna do przewozu paliw.



Rys. 17. Cysterna bimodalna do przewozu gazów.

2.4. Kolejowy wózek bimodalny

Kolejowe wózki bimodalne są budowane na bazie konwencjonalnych wózków wagonów towarowych, a zasadnicza różnica między wózkiem bimodalnym a konwencjonalnym dotyczy wyposażenia hamulcowego. W przypadku wózka bimodalnego wszystkie urządzenia hamulcowe muszą być zabudowane na wózku.

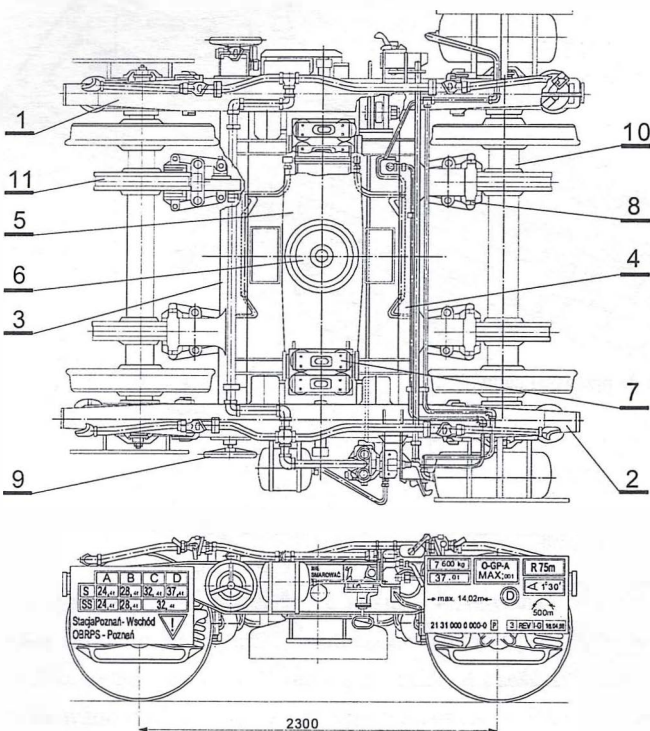
W polskim prototypie pociągu bimodalnego zastosowano nowoczesny, rozwojowy wózek o bazie 2300 mm typu 6TN i 6TN/I, którego rozwiązania konstrukcyjne pozwalają na uzyskanie eksploatacyjnej prędkości max do 160 km/h, przy nacisku zestawu kołowego 18 t oraz 120 km/h przy nacisku 22,5 t.

Wózek oznaczony symbolem 6TN jest przeznaczony pod adapter środkowy i został wyposażony w cztery ślizgi boczne, dwa dla adaptera górnego - wewnętrzne i dwa dla adaptera dolnego - zewnętrzne.

Wózek oznaczony symbolem 6TN/I jest przeznaczony pod adapter skrajny i jest wyposażony w dwa ślizgi boczne oraz płyty wspornikowe zamontowane na podłużnicach ramy, służące do sprężystego podparcia adaptera, w celu uzyskania poziomego ułożenia adaptera na wózku, w stanie nieobciążonym.

Zasadniczymi elementami wózka są rama, belka bujakowa i ślizgi boczne.

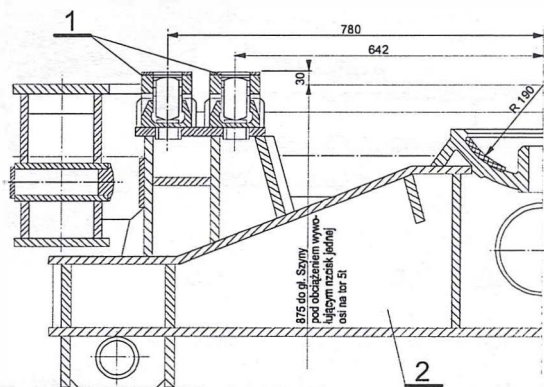
Rama wózka składa się z dwóch ostojnic 1 i 2 o konstrukcji skrzynkowej, połączonych dwoma łącznikami 3 i 4 o przekroju rurowym. Do ramy wózka przyspawano niezbędne wsporniki np. w postaci prowadnic maźnic, zderzaków, wsporników mocowania wieszaków oraz wsporników mocowania urządzeń hamulcowych.



Rys. 18. Wózek środkowy typu 6 TN.

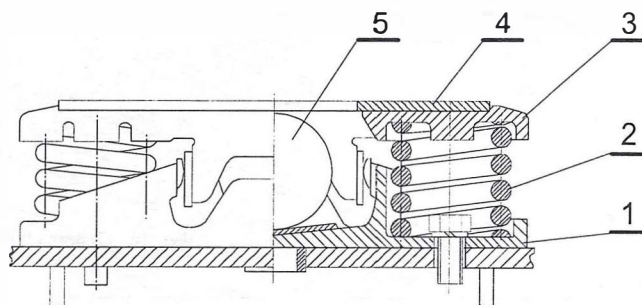
Belka bujakowa 5 jest wykonana jako spawana konstrukcja skrzynkowa. W jej środkowej części w środnikach belki wykonano otwór technologiczny dla ułatwienia montażu i demontażu sworzenia czopa skrętu. W środkowej części górnego pasa belki wspawano kuliste gniazdo skrętu wyposażone w wykładzinę z tworzywa sztucznego. Do belki bujakowej przyspawano wsporniki wieszaków, ślizgów bocznych oraz wsporniki podparcia sprężystego adaptera górnego i dolnego. Belka bujakowa jest zamocowana w ramie wózka na czterech przegubowych wieszakach. Umożliwia to uzyskanie przesuwu poprzecznego ± 50 mm belki bujakowej względem ramy wózka. Luz wzdłużny belki bujakowej względem ramy wózka wynosi ± 2 mm.

W wózku środkowym 6TN zastosowano cztery ślizgi boczne umieszczone na belce bujakowej (rys.19)



Rys. 19. Przekrój przez ślizgi boczne na wózku środkowym 6 TN.

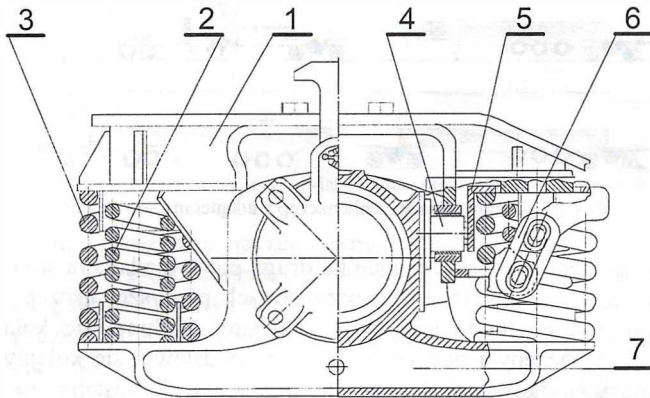
Konstrukcja ślizgów różni się od ślizgów standardowych. Zasadnicza różnica polega na zastosowaniu rolki tocznej, która pełni rolę odbijaka ograniczającego ugięcie sprężyn. Budowę ślizgu pokazano na rys. 20. Ślizg składa się z korpusu 1, sprężyn 2, płyty górnej 3, płyty ślizgowej 4 oraz rolki 5.



Rys. 20. Ślizg boczny.

Pod działaniem siły pionowej pochodzącej od kołysania nadwozia lub siły odśrodkowej działającej na nadwozie w łuku toru, występuje ugięcie sprężyn ślizgu 2, aż do kontaktu rolki 5 z płytą ślizgową adaptera. W tym momencie siła tarcia między płytą ślizgową adaptera i płytą ślizgu 4 utrzymuje się na stałym poziomie, natomiast ewentualny przyrost siły pionowej działającej na ślizg przyjmuje rolka 5. W ten sposób maksymalna siła tarcia na ślizgu jest ściśle określona i niezależna od wielkości maksymalnej siły pionowej działającej na ślizg.

Usprężynowanie wózka (rys. 21) składa się z ośmiu kompletów sprężyn śrubowych 2 i 3, za pośrednictwem których rama spoczywa na czterech maźnicach 7 prowadzonych w prowadnicach maźnic 1.



Rys. 21. Usprężynowanie wózka i tłumik cierny.

Usprężynowanie ma charakter progresywny tzn. przy nacisku osi mniejszym od 67 kN pracują tylko sprężyny zewnętrzne o ugięciu jednostkowym 2,46 mm/t, natomiast powyżej tego nacisku, wchodzi do współpracy sprężyna wewnętrzna, zmniejszając ugięcie jednostkowe wózka do 0,938 mm/t.

Usprężynowanie wyposażono w typowy dla tego rozwiązania tłumik cierny składający się z grzybka ciernego 5, dociskacza 4, ogniwa 6. Siła składowa powstała w wyniku przesuniętych czopów zawieszenia dociskacza jest proporcjonalna do obciążenia pionowego. Odpycha ona grzybkiem ciernym maźnicę, likwidując luz podłużny oraz powoduje powstanie siły tarcia między płytkami ciernymi na prowadnicy maźnicy, a także pomiędzy maźnicą i grzybkiem ciernym.

W maźnicach są ułożyskowane zestawy kołowe z kołami pełnowalcowanymi o średnicy tocznej 920 mm.

Wózek jest wyposażony w kompletny hamulec zespolony. Na każdym z zestawów kołowych zamocowano 2 tarcze hamulcowe o średnicy 610 mm i szerokości 110 mm. Każda tarcza hamulcowa jest hamowana obustronnie mechanizmem zaciskowym. Mechanizm zaciskowy jest sterowany pneumatycznie za pośrednictwem cylindra hamulcowego z nastawiaczem skoku.

Ponadto w skład zespołu pneumatycznego hamulca wchodzi następujące elementy:

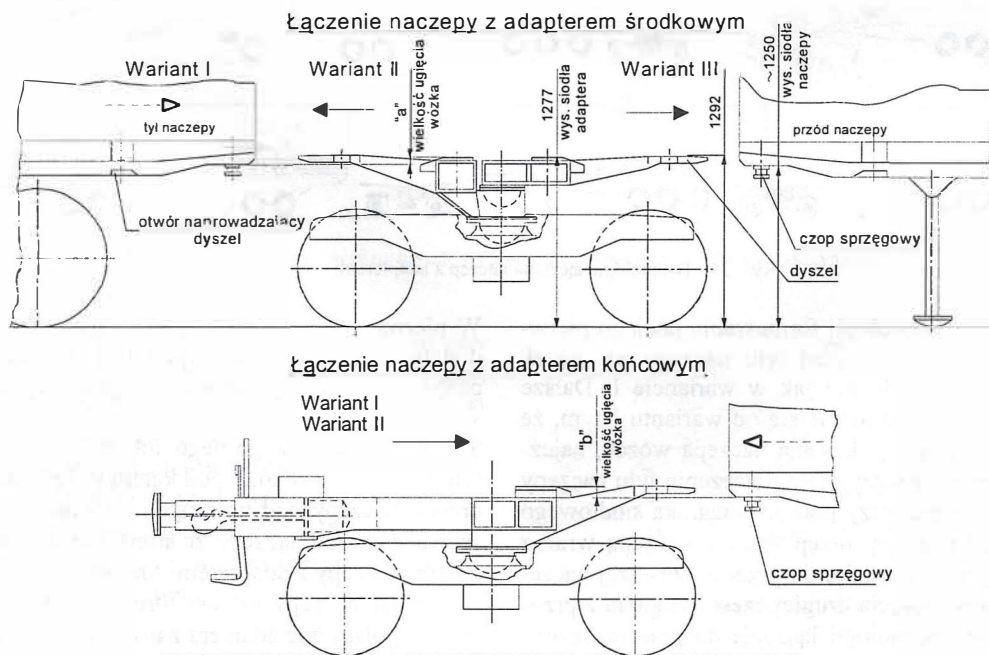
- zawór rozrządczy ze wspomnikiem,
- dwa zbiorniki pomocnicze, każdy o pojemności 47,6 l,
- zbiornik o pojemności 15 l,
- przekładnik ciśnienia,
- zawór ważący,
- przewody o średnicy 1 1/4 cala, 1/2 cala, 1/4 cala,
- kurki końcowe,
- sprzęgi hamulcowe,
- tablica przestawcza T - O.

Wózek jest również wyposażony w hamulec ręczny przy pomocy, którego jest hamowana jedna tarcza na każdym zestawie kołowym.

3. Łączenie naczepy z adapterem

Przegubowe rozwiązanie adaptera środkowego stwarza możliwość łączenia naczepy z adapterem zarówno na torze prostym jak i na łukach o promieniu $R_{min} = 200$ m.

Dzięki symetrycznemu wykonaniu adaptera środkowego oraz końców naczep, polski system wyróżnia się spośród znanych systemów europejskich uniwersalnością łączenia naczep z adapterami. Zachodnie systemy bimodalne charakteryzuje jednokierunkowość najazdu i łączenia naczep z adapterami. Polski system umożliwia dowolny sposób łączenia. Możliwe warianty kojarzenia naczepy z adapterem pokazano na rys. 22.



Rys. 22. Warianty łączenia naczep z adapterami.

2.4. Kolejowy wózek bimodalny

Kolejowe wózki bimodalne są budowane na bazie konwencjonalnych wózków wagonów towarowych, a zasadnicza różnica między wózkiem bimodalnym a konwencjonalnym dotyczy wyposażenia hamulcowego. W przypadku wózka bimodalnego wszystkie urządzenia hamulcowe muszą być zabudowane na wózku.

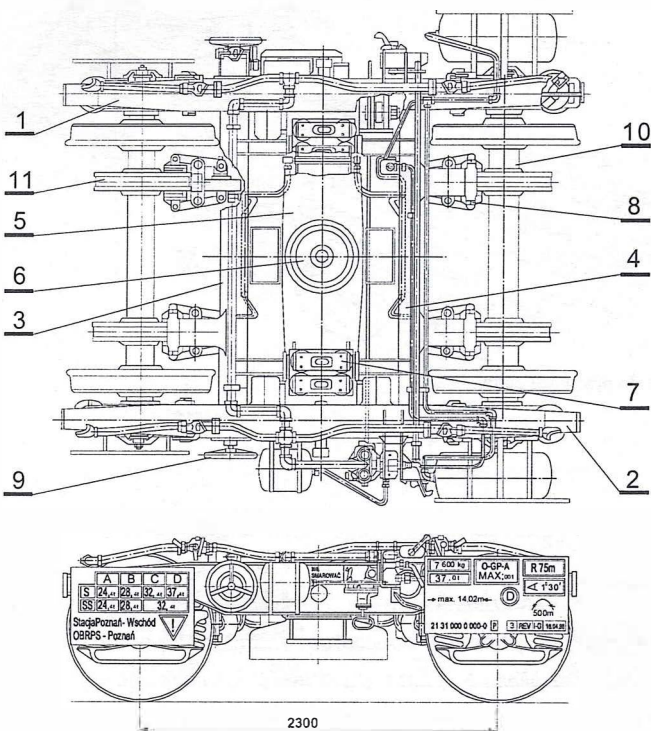
W polskim prototypie pociągu bimodalnego zastosowano nowoczesny, rozwojowy wózek o bazie 2300 mm typu 6TN i 6TN/I, którego rozwiązania konstrukcyjne pozwalają na uzyskanie eksploatacyjnej prędkości max do 160 km/h, przy nacisku zestawu kołowego 18 t oraz 120 km/h przy nacisku 22,5 t.

Wózek oznaczony symbolem 6TN jest przeznaczony pod adapter środkowy i został wyposażony w cztery ślizgi boczne, dwa dla adaptera górnego - wewnętrzne i dwa dla adaptera dolnego - zewnętrzne.

Wózek oznaczony symbolem 6TN/I jest przeznaczony pod adapter skrajny i jest wyposażony w dwa ślizgi boczne oraz płyty wspomnikowe zamontowane na podłużnicach ramy, służące do sprężystego podparcia adaptera, w celu uzyskania poziomego ułożenia adaptera na wózku, w stanie nieobciążonym.

Zasadniczymi elementami wózka są rama, belka bujakowa i ślizgi boczne.

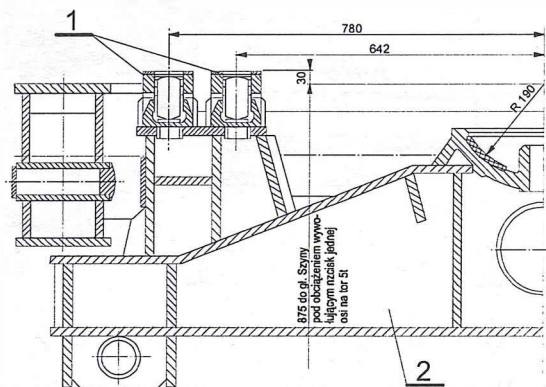
Rama wózka składa się z dwóch ostojnic 1 i 2 o konstrukcji skrzynkowej, połączonych dwoma łącznikami 3 i 4 o przekroju rurowym. Do ramy wózka przyspawano niezbędne wspomniki np. w postaci prowadnic maźnic, zderzaków, wspomników mocowania wieszaków oraz wspomników mocowania urządzeń hamulcowych.



Rys. 18. Wózek środkowy typu 6 TN.

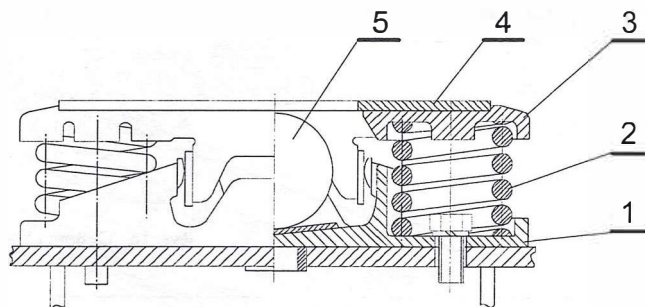
Belka bujakowa 5 jest wykonana jako spawana konstrukcja skrzynkowa. W jej środkowej części w środnikach belki wykonano otwór technologiczny dla ułatwienia montażu i demontażu sworzni czopa skrętu. W środkowej części górnego pasa belki wspawano kuliste gniazdo skrętu wyposażone w wykładzinę z tworzywa sztucznego. Do belki bujakowej przyspawano wspomniki wieszaków, ślizgów bocznych oraz wspomniki podparcia sprężystego adaptera górnego i dolnego. Belka bujakowa jest zamocowana w ramie wózka na czterech przegubowych wieszakach. Umożliwia to uzyskanie przesuwu poprzecznego ± 50 mm belki bujakowej względem ramy wózka. Luz wzdłużny belki bujakowej względem ramy wózka wynosi ± 2 mm.

W wózku środkowym 6TN zastosowano cztery ślizgi boczne umieszczone na belce bujakowej (rys.19)



Rys. 19. Przekrój przez ślizgi boczne na wózku środkowym 6 TN.

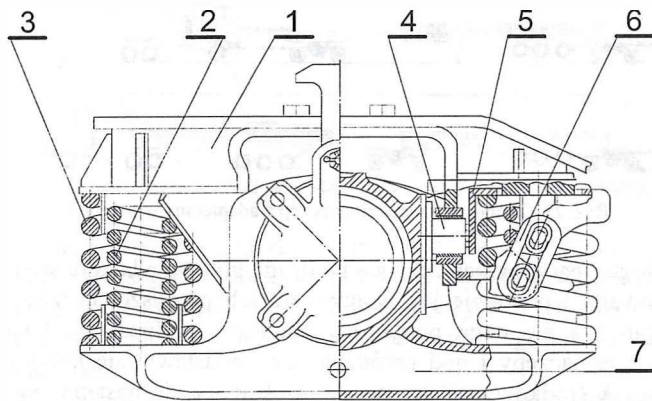
Konstrukcja ślizgów różni się od ślizgów standardowych. Zasadnicza różnica polega na zastosowaniu rolki tocznej, która pełni rolę odbijaka ograniczającego ugięcie sprężyn. Budowę ślizgu pokazano na rys. 20. Ślizg składa się z korpusu 1, sprężyn 2, płyty górnej 3, płyty ślizgowej 4 oraz rolki 5.



Rys. 20. Ślizg boczny.

Pod działaniem siły pionowej pochodzącej od kołysania nadwozia lub siły odśrodkowej działającej na nadwozie w łuku toru, występuje ugięcie sprężyn ślizgu 2, aż do kontaktu rolki 5 z płytą ślizgową adaptera. W tym momencie siła tarcia między płytą ślizgową adaptera i płytą ślizgu 4 utrzymuje się na stałym poziomie, natomiast ewentualny przyrost siły pionowej działającej na ślizg przyjmuje rolka 5. W ten sposób maksymalna siła tarcia na ślizgu jest ściśle określona i niezależna od wielkości maksymalnej siły pionowej działającej na ślizg.

Usprężynowanie wózka (rys. 21) składa się z ośmiu kompletów sprężyn śrubowych 2 i 3, za pośrednictwem których rama spoczywa na czterech maźnicach 7 prowadzonych w prowadnicach maźnic 1.



Rys. 21. Usprężynowanie wózka i tłumik cierny.

Usprężynowanie ma charakter progresywny tzn. przy nacisku osi mniejszym od 67 kN pracują tylko sprężyny zewnętrzne o ugięciu jednostkowym 2,46 mm/t, natomiast powyżej tego nacisku, wchodzi do współpracy sprężyna wewnętrzna, zmniejszające ugięcie jednostkowe wózka do 0,938 mm/t.

Usprężynowanie wyposażono w typowy dla tego rozwiązania tłumik cierny składający się z grzybka ciernego 5, dociskacza 4, ogniwa 6. Siła składowa powstała w wyniku przesuniętych czopów zawieszenia dociskacza jest proporcjonalna do obciążenia pionowego. Odpycha ona grzybkiem ciernym maźnicę, likwidując luz podłużny oraz powoduje powstanie siły tarcia między płytkami ciernymi na prowadnicy maźnicy, a także pomiędzy maźnicą i grzybkiem ciernym.

W maźnicach są ułożyskowane zestawy kołowe z kołami pełnowalcowanymi o średnicy tocznej 920 mm.

Wózek jest wyposażony w kompletny hamulec zespolony. Na każdym z zestawów kołowych zamocowano 2 tarcze hamulcowe o średnicy 610 mm i szerokości 110 mm. Każda tarcza hamulcowa jest hamowana obustronnie mechanizmem zaciskowym. Mechanizm zaciskowy jest sterowany pneumatycznie za pośrednictwem cylindra hamulcowego z nastawiaczem skoku.

Ponadto w skład zespołu pneumatycznego hamulca wchodzi następujące elementy:

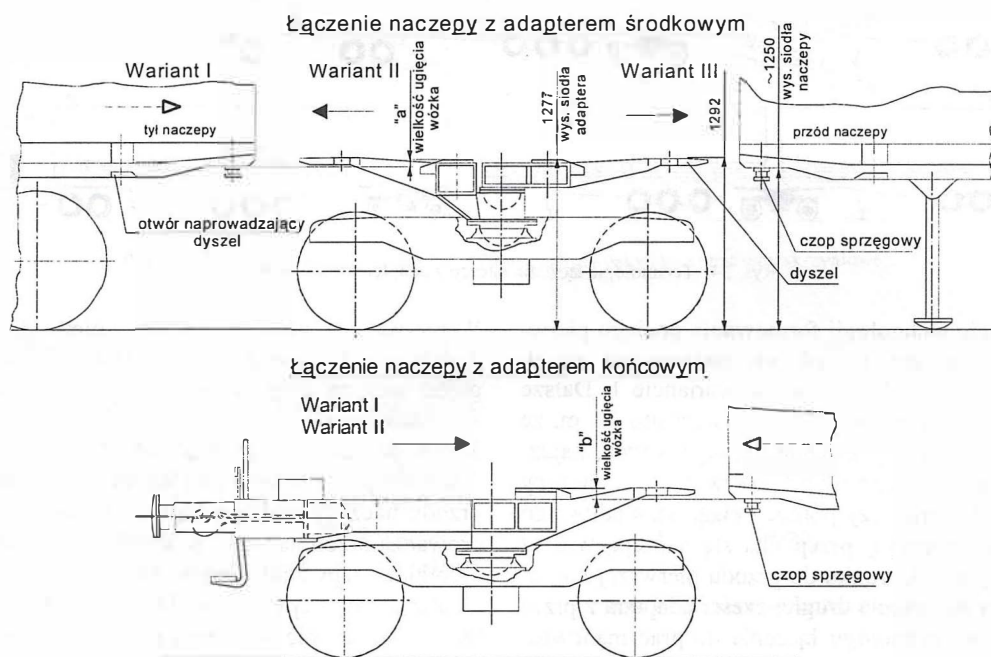
- zawór rozrządczy ze wspomnikiem,
- dwa zbiorniki pomocnicze, każdy o pojemności 47,6 l,
- zbiornik o pojemności 15 l,
- przekładnik ciśnienia,
- zawór ważący,
- przewody o średnicy 1 1/4 cala, 1/2 cala, 1/4 cala,
- kurki końcowe,
- sprzęgi hamulcowe,
- tablica przestawcza T - O.

Wózek jest również wyposażony w hamulec ręczny przy pomocy, którego jest hamowana jedna tarcza na każdym zestawie kołowym.

3. Łączenie naczepy z adapterem

Przegubowe rozwiązanie adaptera środkowego stwarza możliwość łączenia naczepy z adapterem zarówno na torze prostym jak i na łukach o promieniu $R_{min} = 200$ m.

Dzięki symetrycznemu wykonaniu adaptera środkowego oraz końców naczep, polski system wyróżnia się spośród znanych systemów europejskich uniwersalnością łączenia naczep z adapterami. Zachodnie systemy bimodalne charakteryzuje jednokierunkowość najazdu i łączenia naczep z adapterami. Polski system umożliwia dowolny sposób łączenia. Możliwe warianty kojarzenia naczepy z adapterem pokazano na rys. 22.

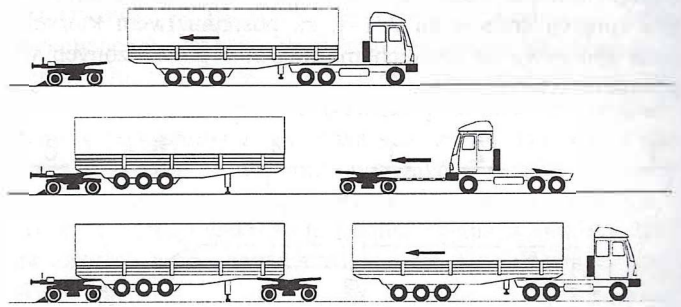


Rys. 22. Warianty łączenia naczep z adapterami.

Wariant I przedstawia najazd tyłu naczepy na adapter dolny, w wariantie II pokazano możliwość wtoczenia wózka pod stojącą naczepę i połączenia adaptera dolnego z tyłem naczepy, wariant III pokazuje możliwość wtoczenia wózka pod stojącą naczepę i połączenie przodu naczepy z adapterem górnym. Opisane trzy warianty łączenia naczepy z adapterem mogą być również zrealizowane po obróceniu wózka np. adapterem dolnym w kierunku przodu naczepy a adapterem górnym w kierunku tyłu naczepy. Jak wynika z wyżej przedstawionych przykładów w tym systemie nie jest wymagane obracanie wózka w celu przygotowania go do połączenia z naczepą. Polski system umożliwia kojarzenie dowolnej części adaptera (dolnego lub górnego) z dowolnym końcem naczepy (przodem lub tyłem).

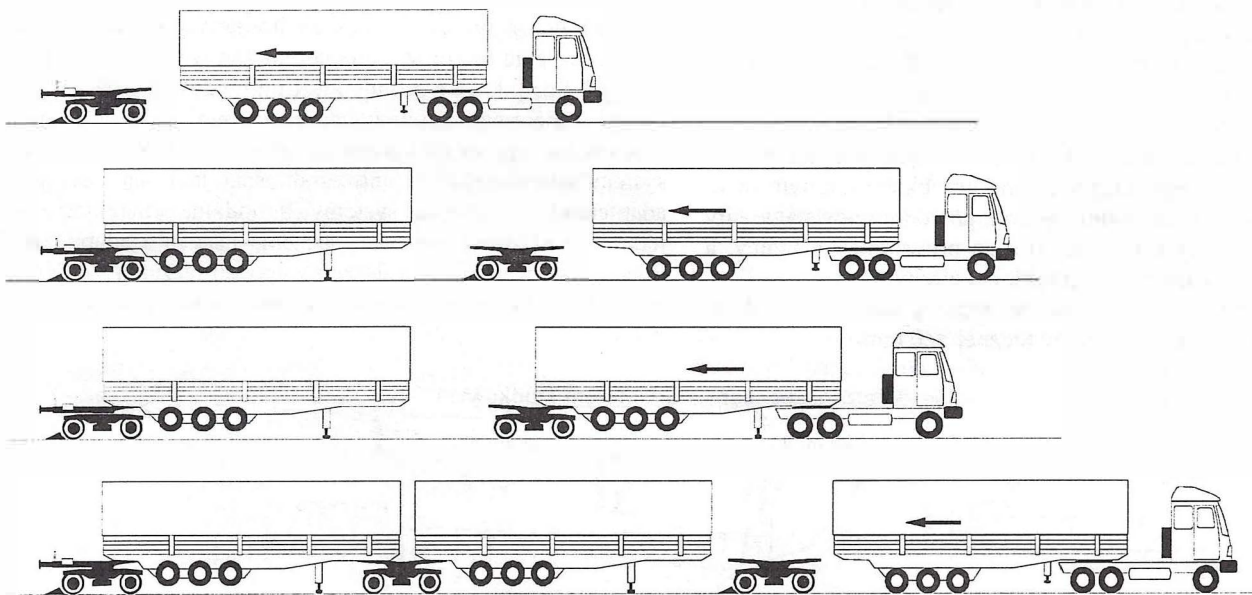
W praktyce stosuje się dwie technologie łączenia pociągu bimodalnego

W I wariantie łączenie pociągu rozpoczyna się od najazdu tyłem naczepy na wózek końcowy. Po opuszczeniu nogi podporowej naczepy i uniesieniu kół jednych naczepy, ciągnik drogowy wyjeżdża spod naczepy, a pod przód naczepy wpychany jest wózek środkowy. W następnej kolejności tyłem



Rys. 23. Technologia łączenia naczep z adapterami – wariant I.

drugiej naczepy najjeżdża się na drugą połowę adaptera środkowego i podobnie jak w przypadkach pierwszej naczepy, opuszcza się nogę podporową naczepy, podnosi się koła jezdne naczepy i pod przód naczepy podstawi się kolejny wózek środkowy. W ten sam sposób łączy się następne naczepy aż do uzyskania całego składu pociągu bimodalnego, złożonego maksymalnie z 50 naczep.

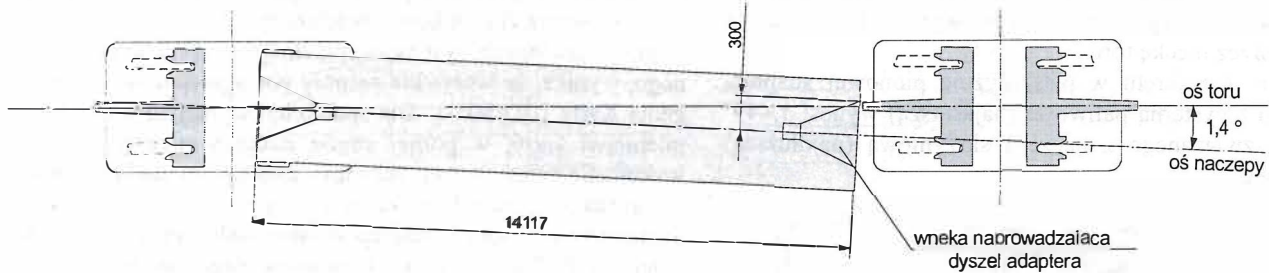


Rys. 24. Technologia łączenia naczep z adapterami – wariant II.

W drugim wariantie technologii formowania pociągu pierwszą fazę formowania, tzn. najazd tyłu naczepy na wózek skrajny, wykonuje się podobnie jak w wariantie I. Dalsze czynności łączenia pociągu różnią się od wariantu I tym, że na stojący przed pierwszą połączoną naczepą wózek, najjeżdża się tyłem następnej naczepy i po połączeniu tyłu naczepy z jedną z części adaptera, przy pomocy ciągnika siodłowego podłączonego pod naczepę, przepycha się naczepą wraz z wózkiem kolejowym w kierunku do przodu pierwszej naczepy aż do momentu połączenia drugiej części adaptera z przodem naczepy. W tej technologii łączenia do prac manewrowych użyty jest ciągnik drogowy przyjeżdżający na terminal przeładunkowy wraz z naczepą.

W pierwszym wariantie łączenia niezbędne jest wykonanie dodatkowych czynności wepchnięcia wózka środkowego pod przód naczepy przy pomocy ciągnika wyposażonego w dyszel holowniczy.

Skrętność adaptera górnego lub dolnego umożliwia najazd tyłu naczepy na adapter pod kątem 9° . Jednakże pozostawienie przodu naczepy pod tym kątem w stosunku do osi toru wyprowadza przód naczepy ze strefy umożliwiającej połączenie przodu naczepy z adapterem. Maksymalny kąt odchylenia osi wzdłużnej naczepy od osi toru, przy którym możliwe jest jeszcze połączenie adaptera z przodu naczepy wynosi - $1,4^\circ$.



Rys. 25. Maksymalne odchylenie końca naczepy, przy którym jest możliwe połączenie naczepy z adapterem.

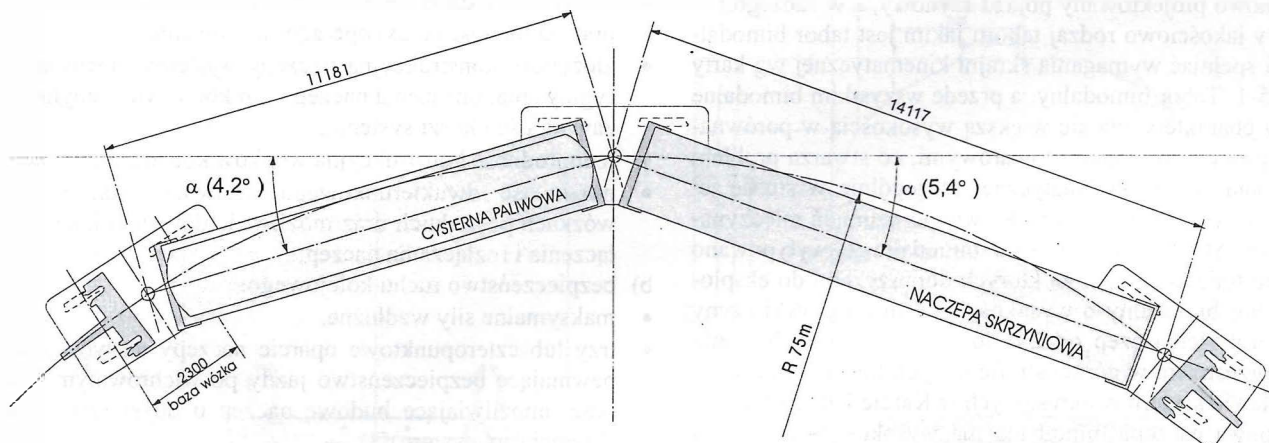
Technika rozjazdu naczepy bimodalnej na adapter jest podobna do sposobu łączenia naczepy drogowej z ciągnikiem drogowym. Wynika to z podobnego systemu ryglowania naczepy bimodalnej w adapterze i naczepy drogowej w siodle ciągnika.

W siodle ciągnika stosuje się ogólnie przyjęty zamek typu Jost. W siodłach adaptera zastosowano zamki działające na podobnej zasadzie. Przyjęte rozwiązanie konstrukcyjne zamka adaptera wymaga, aby najazd naczepy na adapter był wykonany w ten sposób, że siodła naczepy w czasie najazdu są usytuowane dokładnie na poziomie siodeł adaptera lub do 30 mm poniżej siodeł adaptera (rys. 22). Wymagana wysokość do połączenia tyłu naczepy z adapterem uzyskuje się podnosząc tył naczepy na miechach zawieszenia osi drogowych. Natomiast przód naczepy ciągnik winien zostawić na

wymaganej wysokości, aby nie dopasowywać wysokości siodeł naczepy przy pomocy regulacji wysokości nóg podporowych naczepy, ponieważ zabieg ten jest uciążliwy zwłaszcza przy załadowanej naczepie.

4. Kinematyka adaptera siodłowego.

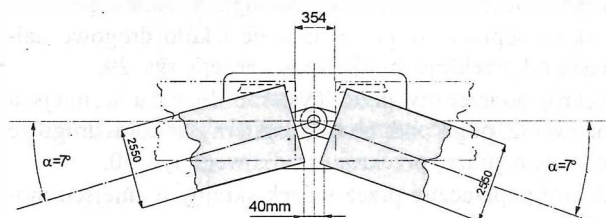
Zgodnie z wymaganiami Karty UIC-597 rozwiązania konstrukcyjne adaptera siodłowego winny umożliwić przejazd pociągu bimodalnego przez łuk $R_{min} = 75$ m, nieckę toru $R_{min} = 500$ m, oraz rampę promową o łuku $R = 120$ m i kącie $1^{\circ}30'$.



Rys. 26. Ustawienie w torze na łuku $R = 75$ m cysterny paliwowej i naczepy skrzyniowej.

Na rys. 26 pokazano ustawienie w łuku toru $R = 75$ m najkrótszej naczepy w postaci cysterny paliwowej i najdłuższej naczepy skrzyniowej. Kąt skrętu dla naczepy skrzyniowej wynosi $\alpha = 5,4^{\circ}$, a dla cysterny $\alpha = 4,2^{\circ}$.

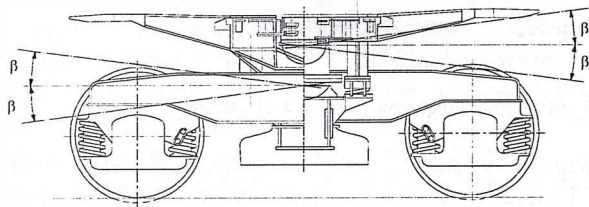
Maksymalny kąt skrętu adapterów górnego i dolnego w płaszczyźnie poziomej w przyjętym rozwiązaniu adapterów wynosi $\alpha \pm 7^{\circ}$ dla każdego adaptera rys. 27. Przy max kącie skrętu $\alpha = 7^{\circ}$ odległość między narożami naczep o szerokości naczepy 2.550 mm wynosi 40 mm.



Rys. 27. Ustawienie naczep przy max. skręcie adapterów.

Maksymalny kąt skrętu w płaszczyźnie poziomej jednego adaptera tzn. górnego lub dolnego wynosi 10° . Podczas przejazdu przez nieckę toru

$R = 500$ m kąt skrętu w płaszczyźnie pionowej adaptera związanego z cysterną paliwową (najkrótszą) wynosi $1,449^\circ$ a adaptera związanego z naczepą skrzyniową (najdłuższą) wynosi $1,582^\circ$.



Rys. 28. Zakres swobody kinematycznej adapterów w płaszczyźnie pionowej.

Maksymalny kąt skrętu w płaszczyźnie pionowej adaptera górnego i dolnego wynosi $\beta = \pm 2,5^\circ$ (rys. 28). Jak wynika z powyższego, prototypowy pociąg bimodalny spełnia wymagania Karty UIC-597 w zakresie przejazdu przez minimalny łuk, nieckę toru i rampę promową ze znacznymi zapasami w kinematyce adaptera środkowego.

5. Skrajnia taboru

Każdy nowo projektowany pojazd szynowy, a w szczególności nowy jakościowo rodzaj taboru jakim jest tabor bimodalny musi spełniać wymagania skrajni kinematycznej wg karty UIC 505-1. Tabor bimodalny, a przede wszystkim bimodalne naczepy charakteryzują się większą wysokością w porównaniu z typowymi wagonami towarowymi, co stwarza problem zachowania skrajni kinematycznej szczególnie w strefie jej górnego zarysu. Dlatego na podstawie porozumień międzynarodowych AGTC dla transportu bimodalnego wytypowano specjalne linie kolejowe, na których dopuszczono do eksploatacji tabor bimodalny o wysokości ~ 4 m od główki szyny przy szerokości naczep od 2,5 do 2,6 m. Zapotrzebowanie wolnej przestrzeni w górnej strefie na tych liniach oblicza się na podstawie kryteriów określonych w Karcie UIC 596-6.

Prototypowa naczepa bimodalna ma wysokość ~ 3900 mm od główki szyny, a szerokość naczepy wynosi 2500 mm. Przeprowadzone obliczenia koniecznych zwożeń skrajni statycznej dla określenia skrajni kinematycznej wykonano wg zaleceń Karty UIC 505-1. Do obliczeń przyjęto następujące przekroje elementów składowych pociągu bimodalnego:

- przekrój poprzeczny przez naczepę i koło drogowe najbliższe od przekroju środkowego naczepy rys. 29,
- przekrój poprzeczny przez cysternę do gazu w miejscu mocowania nogi podporowej cysterny i koło drogowe położone najbliżej przekroju środkowego rys. 30,
- przekrój poprzeczny przez wózek skrajny w miejscu mocowania stopni rys.31,

- przekrój poprzeczny przez wózek środkowy w miejscu mocowania zbiorników powietrza rys. 32.

Z przedstawionych rysunków przekrojów zespołu bimodalnego, wynika, że wszystkie zespoły pociągu spełniają wymagania Karty UIC 505-1. Dla spełnienia wymagań wyżej wymienionej karty, w górnej strefie naczepy niezbędne było wykonanie ścięć naroży naczepy. Zabieg ten niekorzystnie ogranicza przestrzeń ładunkową naczepy.

Standartowa wysokość naczep wynosi 4000 mm i na liniach kolejowych dla transportu kombinowanego naczepy o tej wysokości są dopuszczone do ruchu i spełniają wymagania Karty UIC 596-6.

6. Ocena zespołu bimodalnego polskiej konstrukcji.

6.1. Wybrane kryteria oceny.

Różnorodność systemów transportu bimodalnego powoduje konieczność opracowania szeregu kryteriów oceny, zezwalających na porównanie przydatności eksploatacyjnej poszczególnych rozwiązań, ze względu na

a) cechy funkcjonalno-eksploatacyjne:

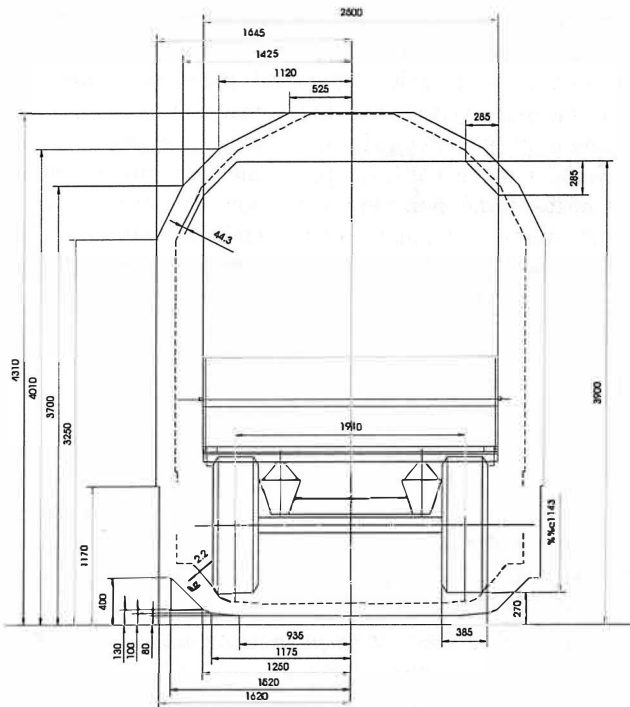
- zagwarantowanie równomierności rozkładu pionowych nacisków kół w obrębie wózka, niezależnie od masy sąsiednich naczep,
- maksymalną prędkość konstrukcyjną,
- możliwość jednoosobowego formowania składu,
- pracochłonność (czas) operacji formowania,
- złożoność konstrukcyjną naczepy, systemy mocowania i ryglowania, unoszenia naczep i ich kół, a tym samym niezawodność i koszt systemu,

• jednorodność konstrukcyjną wózków końcowych,

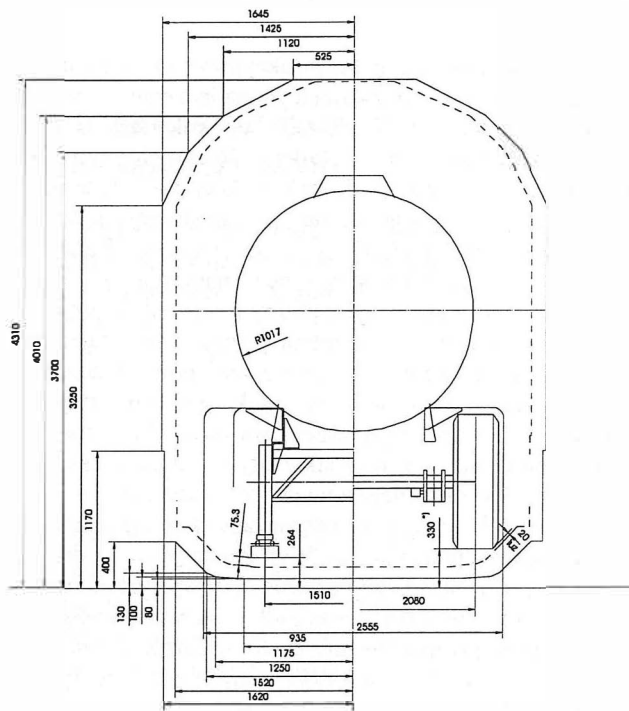
- możliwość dwukierunkowego ustawiania naczepy na wózkach pośrednich oraz możliwość dowolnej kolejności łączenia i rozłączania naczep;

b) bezpieczeństwo ruchu kolejowego:

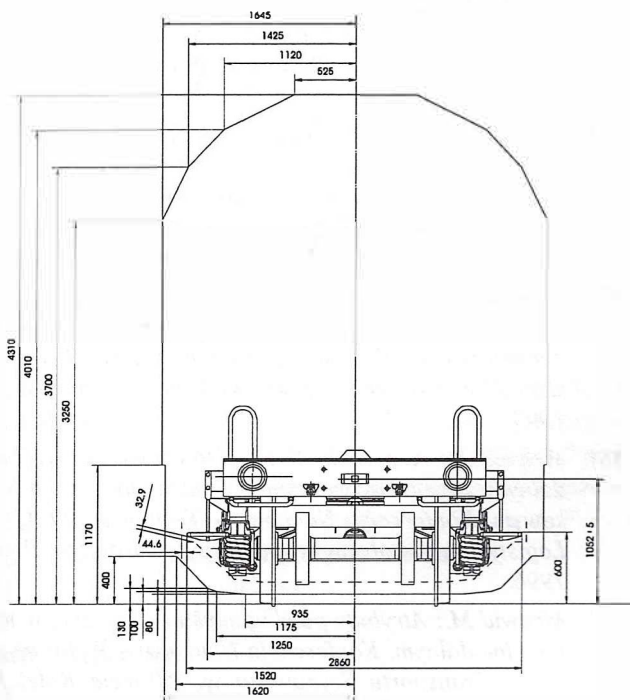
- maksymalne siły wzdłużne,
- trzy lub czteropunktowe oparcie naczepy na wózku, zapewniające bezpieczeństwo jazdy po wichrowatym torze oraz umożliwiające budowę naczep o dużej sztywności skrętnej (np. cystern),
- umieszczenie elementów sprzęgania i ryglowania na wózku kolejowym, a tym samym utrzymanie ich sprawnego działania przez przewoźnika kolejowego, odpowiedzialnego za bezpieczeństwo ruchu pociągów,
- dojrzałość konstrukcyjną elementów ryglowania, decydująca o ich niezawodności, łatwości obsługi, dostatecznym zabezpieczeniu i odpowiedniej sygnalizacji uszkodzeń i błędów,
- występowanie lub brak podłużnych luzów w mechanizmach ryglowania wpływających na dynamikę wzdłużną pociągu.



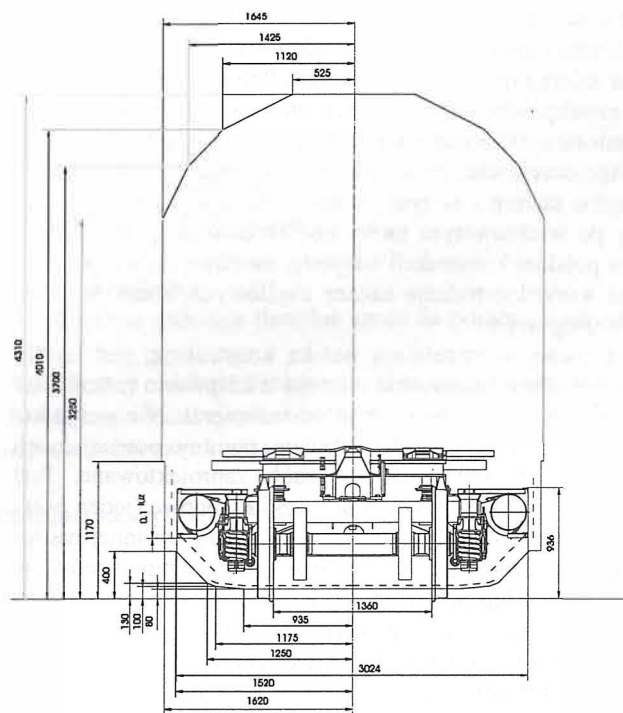
Rys. 29. Skrajnia naczepy skrzyniowej (nadwozie i koło drogowe).



Rys. 30. Skrajnia cysterny do gazu (nadwozie, koło gumowe i podpora).



Rys.31. Skrajnia wózka skrajnego (przekrój końcowy - stopień).



Rys. 32. Skrajnia wózka środkowego.

Objaśnienia

- zarys odniesienia skrajni kinematycznej wg UIC 505-1
- - - skrajnia zwężona i podwyższona / obniżona

6.2. Zalety zespołu bimodalnego polskiej konstrukcji

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

W prezentowanych do tej pory rozwiązaniach zagranicznych występują naczepy plandekowe. Wyróżniają się one dosyć wiotką konstrukcją. Stosowany czteropunktowy system oparcia nie powoduje w takim przypadku niebezpieczeństwa wykołowania przy przejeździe przez tor wchrowaty, rampę przechyłkową lub większą pionową nierówność toru (przy oparciu trójpunktowym niebezpieczeństwo takie znacznie maleje). Żaden z dotychczasowych producentów nie przedstawił prototypu naczepy - cysterny bimodalnej. Charakteryzuje się ona bardzo dużą sztywnością skrętną, a zatem rodzaj podparcia ma tutaj bardzo istotne znaczenie. W tym kontekście wymieniona dwudzielność adaptera staje się dodatkową, cenną zaletą rozwiązania polskiego. Pomimo tego, że oparcie jest czteropunktowe - pozwala ono na wzajemne, kątowe przemieszczenia naczepek tak, jak oparcie trójpunktowe. Należy więc oczekiwać, że rozwiązanie to spełni dla wszystkich rodzajów naczepek - w tym cystern - kryteria bezpieczeństwa jazdy po wchrowatym torze. Podsumowując: przy zastosowaniu polskiej konstrukcji adaptera, możliwe do wykorzystania są wszystkie rodzaje naczepek siodłowych, znane w transporcie drogowym.

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

Trzecią właściwością, również wynikającą z konstrukcji adaptera, jest możliwość łączenia i wyłączenia naczepek w dowolnej kolejności. W konsekwencji umożliwia to wyłączenie dowolnej jednostki z długiego składu. Ma to pierwszorzędne znaczenie w przypadku przewozu ładunków niebezpiecznych - w razie zagrożenia wyłączenie ze składu danej jednostki lub rozłączenie długiego składu. Jak do tej pory, naczepa posiada dwa, niezależne przewody powietrzne. Nie możliwe jest w chwili obecnej opuszczenie kół naczepy przy wykorzystaniu kolejowego przewodu powietrznego. Przy wzajemnym porozumieniu służb kolejowych i drogowych

możliwe będzie, w razie niebezpieczeństwa, opuszczenie kół naczepy i „ściągnięcie” jej z adaptera na szlaku kolejowym - tym samym rozłączenie składu. Obecnie jedyną możliwością awaryjnego rozłączenia składu jest mechaniczne podniesienie przodu naczepy i odciążenie lokomotywą reszty składu.

Czwartą, i może najważniejszą, zaletą krajowego projektu jest zastosowanie pomysłu przewozów kolejowo-drogowych do transportu materiałów ropopochodnych. Jak do tej pory żadna z firm zachodnich nie przedstawiła prototypu naczepy-cysterny bimodalnej.

LITERATURA:

- [1]. Medwid M., Pohl K.: Dwudzielny adapter dla transportu drogowo - szynowego. *Symposium Monotematyczne nt Techniczne środki transportu drogowo-szynowego. Poznań - Skoki 1993.*
- [2]. Medwid M.: Wymagania do projektowania i badań taboru bimodalnego. *Symposium Monotematyczne Techniczne środki transportu drogowo-szynowego. Poznań - Skoki 1993.*
- [3]. Medwid M.: Nowa koncepcja rozwiązań konstrukcyjnych bimodalnego systemu transportu kombinowanego. *Przegląd Handlowy, nr 29/94.*
- [4]. Medwid M.: Transport bimodalny - Ekologia, Ekonomia, Bezpieczeństwo. *Spedycja i Transport, nr 9/48/95.*
- [5]. Medwid M., Pohl K.: Polish Way to Bimodal Transportation. *Transport System Engineering Conference, Warszawa 1995.*
- [6]. Medwid M., Pohl K., Starczewski T., Staniuk M.: Naczepa samochodowa do transportu bimodalnego. *Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna Pojazdy Samochodowe. Problemy Rozwoju i Eksploatacji. AUTOPROGRES 95 - Jachranka 1995.*
- [7]. Medwid M.: Nowoczesne systemy transportowe - Transport bimodalny. *Konferencja Naukowo-Techniczna - Układ komunikacyjny województwa kaliskiego w powiązaniu z komunikacją krajową. Kalisz 1995.*
- [8]. Medwid M., Gąsowski W.: Prototypowy pociąg bimodalny z przegubowym symetrycznym adapterem siodłowym. *Konferencja Naukowo - Techniczna pt. Centra Logistyczne dla obsługi transportu towarowego. Poznań 1996.*
- [9]. Medwid M.: Atrybuty polskiej myśli technicznej w taborze bimodalnym. *Konferencja Naukowa - Wybrane problemy Transportu Szynowego w 150-lecie Kolei Polskich Kraków - Zakopane 1977.*
- [10]. Medwid M., Pohl K.: Uwarunkowania rozwoju nowych systemów transportu kombinowanego, zwłaszcza bimodalnego. *I Konferencja - Transport Multimodalny Jastrzębia Góra - 1998.*
- [11]. Medwid M.: Polski tabor do transportu bimodalnego - rozwiązania konstrukcyjne. *II Konferencja Transport Multimodalny Gdańsk 1999.*