

Sebastian KAŁUŻA, Mieczysław KORNASZEWSKI

ANALIZA PORÓWNAWCZA KONSTRUKCJI WÓZKÓW WAGONOWYCH PRZYSTOSOWANYCH DO PRĘDKOŚCI 200 KM/H I POWYŻEJ

Streszczenie

Celem artykułu jest porównanie budowy wózków wagonowych osobowych typu 25ANa, MD 524, SPG 300 R/3S. Wymienione typy wózków dostosowane są do poruszania z prędkością do 200 km/h i więcej. Są to jedyne typy wózków wagonów osobowych eksploatowanych w Polsce, dostosowanych do takiej prędkości. Wyjątkiem są nowsze wersje wózka typu 25ANa, jednak różnią się nieznacznie od wersji pierwotnej. W rozdziale 1 zwrócono uwagę na wymagania zasadnicze, jakie muszą spełniać konstrukcje wózków zgodnie z Techniczną Specyfikacją Interoperacyjności Interoperacyjności podsystemu „Tabor” transeuropejskiego systemu kolei dużych prędkości. W artykule dokonano również przeglądu taboru przystosowanego do prędkości 200 km/h i więcej, jakim dysponują polscy przewoźnicy kolejowi.

WSTĘP

Rok 2014 w Polsce obfitował w sukcesy na rynku kolejowym, zarówno taborowe, jak i infrastrukturalne. Dnia 14 grudnia 2014 podczas zmiany rozkładu jazdy na sieci Polskich Linii Kolejowych wdrożono elektryczne zespoły trakcyjne dostosowane do prędkości 250 km/h. W ten sam dzień przełamano barierę prędkości eksploatacyjnej 160 km/h ustanowioną w 1988 roku i rozpoczęto eksploatację składów ED250 z prędkością 200 km/h na kilkudziesięciokilometrowym odcinku linii kolejowej nr 4. Uruchomiono również z pozytywnym rezultatem Europejski System Sterowania Pociągami poziomu 1. Polskie Linie Kolejowe nie spoczęły jednak na laurach, czego efektem jest rozbudowa odcinków linii nr 4 przystosowanych do 200 km/h, w planach jest również miejscowe zwiększenie prędkości eksploatacyjnej do 230 km/h. Ponadto planuje się uzyskanie prędkości 200 km/h na fragmentach linii nr 9. W związku z powyższym konieczna jest inwentaryzacja taboru w Polsce pod kątem możliwości jazdy z prędkością 200 km/h. Spółka PKP „Intercity” S.A. oprócz wspomnianych elektrycznych zespołów trakcyjnych ED250 „Pendolino” (20 sztuk), dysponuje również 10 elektrycznymi lokomotywami EU44 „Husarz”, których prędkość maksymalna wynosi 230 km/h. Ponadto Spółka jest w posiadaniu 165 wagonów przystosowanych do prędkości 200 km/h, głównie dzięki zastosowaniu wózków tocznych typu 25ANa, MD524 oraz SGP-300 R/3S. Niniejszy artykuł przedstawia porównanie budowy popularnych wózków przystosowanych do prędkości 200 km/h eksploatowanych w Polsce. Niestety żaden z wagonów wyposażonych w ten typ wózków nie jest jeszcze eksploatowany z prędkością maksymalną.

1. WYMAGANIA TECHNICZNE

Wymagania techniczne dotyczące taboru przystosowanego do poszczególnych prędkości określa Techniczna Specyfikacja Interoperacyjności. Tabor poruszający się z prędkością większą niż 160 km/h, ale o maksymalnej prędkości 250 km/h określany jest jako tabor „klasy 1”.

W celu przystosowania wózków wagonowych do jazdy z prędkością 200 km/h oraz uzyskania odpowiednich certyfikatów, producent musi spełnić odpowiednie wymagania zasadnicze określone w Technicznej Specyfikacji Interoperacyjności podsystemu „Tabor” transeuropejskiego systemu kolei dużych prędkości. Wymagania zasadnicze dla taboru dotyczą:

- bezpieczeństwa,
- niezawodności i dostępności,
- zdrowia,
- ochrony środowiska naturalnego,
- kompatybilności technicznej.

Poniżej przedstawiono niektóre wymagania dotyczące wózków typu 25ANa, MD 524, SGP-300 R/3S:

- stan maźnic musi być monitorowany przez pokładowe urządzenia do wykrywania zagrzanych łożysk. Urządzenia te muszą być w stanie wykryć pogorszenie stanu maźnicy łożyskowej,
- w związku powyższym punktem, aby uniemożliwić wyzwolenie niewłaściwego alarmu w przytorowych czujnikach zagrzania maźnic (HABD), wózki te nie mogą mieć żadnych składników (innych niż maźnice), które wytwarzają ciepło wystarczające do wyzwolenia alarmu,
 - statyczny nacisk osi na tor nie może przekraczać 18 ton,
 - profil koła musi spełniać wymaganie takie jak:
 - kąt pochylenia obrzeża wynosi co najmniej 67 stopni,
 - kąt stożkowy jest między 3,7 i 8,5 stopnia (6,5% do 15%),
 - konstrukcja wózka musi zapewniać stateczność wagonu na torze,
 - profile kół oraz odległość między powierzchniami czynnymi kół muszą zostać dobrane tak, aby zagwarantować, że wartości graniczne zbieżności równoważnej, które w tym przypadku wynoszą maksymalnie 0,25, nie będą przekroczone,
 - wózek powinien być wyposażony w elektromagnetyczny hamulec szynowy.

Więcej wymagań można znaleźć w [2].

Wszystkie 3 typy opisywanych typów wózków spełniają wymagania zasadnicze określone w TSI w zakresie dopuszczenia do jazdy z prędkością 200 km/h.

2. WÓZEK TYPU 25ANA

Wózek ten został wyprodukowany w Zakładach Naprawczych Taboru Kolejowego w Poznaniu.

Wózek toczny 25 ANa przystosowany jest do jazdy z prędkościami ponad 200 km/h i stanowi dodatkowo wyposażoną wersję popularnego w Polsce wózka 25 AN. Odmianą konstrukcyjną wózków 25AN i 25ANa są wózki na tor szeroki (1524 mm) oznaczone

symbolem 25AS. Ten typ wózków wykorzystywany jest w wagonach typu 145 Ac, 154 Aa, 155 Aa, 156 Aa, 158 A, 159 A, 305 Ad, 508 A.

Rama wózka jest ramą otwartą oraz przestrzenną a jej konstrukcja jest spawana. Ostojnice o zamkniętym profilu skrzynkowym, z gniazdami sprężyn 1 stopnia usprężynowania, połączone ze sobą poprzecznicami rurowymi. Poprzecznice są związane ze sobą 2 podłużnicami o konstrukcji blachownicowej i osadzone są na nich wsporniki amortyzatora poziomego, oraz gniazda odbijaków ograniczających przesuw poprzeczne nadwozia względem ramy wózka. Poprzecznice rurowe wraz z podłużnicami służą jednocześnie do zawieszania układu hamulcowego wózka.

Belka poprzeczna jest konstrukcją spawaną z blach stalowych i profili walcowanych. W skrajnych częściach belki umieszczono gniazda sprężyn II stopnia odsprężynowania, oraz gniazda bloków gumowo-metalowych. Drgania pionowe belki są tłumione dwoma amortyzatorami hydraulicznymi.

Wózki 25 ANa są wyposażone w standaryzowane zestawy kołowe typu II wg. Karty UIC 515 o średnicy koła monoblokowego 920 mm, oraz wymiarach czopa osi $\Phi 130 \times 217$ mm. W wózkach 25 ANa mogą być stosowane następujące tarcze hamulcowe:

- tarcza hamulcowa 3A 99599 – Knorr,
- tarcza hamulcowa 141 BK – ZNTK Poznań

W konstrukcji łożyskowania osi zestawów kołowych zastosowano zgodnie z kartą UIC 515 walcowe łożyska toczna typu NJ + NJP 130x240 GMP64, produkcji krajowej, o zwiększonej klasie dokładności wykonania P6 (wg. ISO TC4) i luzie promieniowym c4 oraz luzie osiowym $0,5 \div 1,5$ mm.

Prowadzenie korpusu łożysko odbywa się względem ramy wózka za pomocą jednostronnego wahacza. Wahacz jest połączony z ramą wózka przegubem gumowo-metalowym, mocowanym do ramy za pomocą sworznia. Wahacz ma ograniczniki przesuwu pionowego i poprzecznego. [1]

Odsprężynowanie I stopnia składa się z czterech kompletów

współrodkowych, podwójnych sprężyn śrubowych. Sprężyny każdego kompletu spoczywają na wahaczach i ramie wózka za pośrednictwem prowadzeń. Regulacja wysokości sprężyn możliwa jest za pomocą podkładek regulacyjnych.

Odsprężynowanie II stopnia stanowią dwa komplety współrodkowych sprężyn śrubowych oparte na środkowej części ostojnicy wózka. Sprężyny prowadzone w ramie wózka i belce poprzecznej uczestniczą w przesuwie poprzecznym ± 35 mm i biorą udział w skręcie wózka.

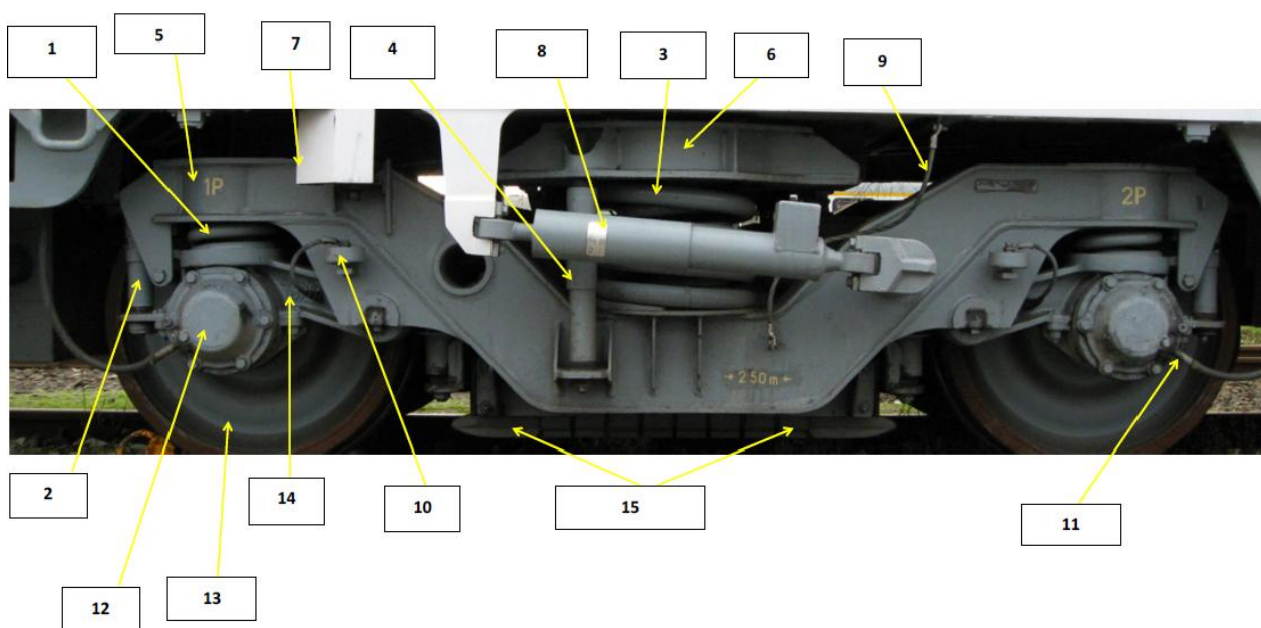
Odsprężynowanie poprzeczne zapewnia sprężysty poprzeczny przesuw nadwozia względem ramy wózka, zrealizowany za pomocą czterech bloków gumowo-metalowych i dwóch kompletów współrodkowych sprężyn śrubowych.

Tłumienie drgań pionowych odbywa się przy pomocy amortyzatorów hydraulicznych produkcji polskiej, umieszczonych w I i II stopniu odsprężynowania wózka. Tłumienie drgań poprzecznych odbywa się za pomocą jednego amortyzatora hydraulicznego produkcji krajowej łączącego nadwozie wagonu z ramą wózka. Tłumienie drgań obracania wózka odbywa się za pomocą amortyzatorów hydraulicznych KONI typu 9741. Amortyzatory są mocowane pomiędzy ramą wózka a nadwoziem.

Wózek 25 ANa został wyposażony w hamulce tarczowe działające w całym zakresie prędkości. Przewidziano również dodatkowe zastosowanie elektromagnetycznych hamulców szynowych. Hamulec tarczowy składa się z trzech (lub dwóch w zależności od wersji) tarcz na każdej osi wózka, objętych dwustronnie przez szczęki hamulcowe z wykładzinami z tworzywa sztucznego. Na każdą tarczę przypada oddzielny cylinder hamulcowy z wbudowanym nastawiaczem skok. Hamulec zamontowany na wózku jest sterowany pneumatycznie za pomocą aparatury hamulcowej umieszczonej na podwoziu wagonu.

Wózek 25 ANa można stosować pod pudła wagonów znajdujących się w eksploatacji, lub pod wagony wyprodukowane. Konstrukcja wózka nie wymaga wprowadzania istotnych zmian w pudle

WÓZEK TYPU 25ANp



Rys. 1. Budowa wózka typu 25ANp [opracowanie własne]

wagonu. Z rodziny wózków 25 AN, do poruszania się z prędkością 200 km/h i więcej przystosowane są również między innymi wersje typów 25 ANc, 25 ANe, 25 ASa, 25 ASc, 25 ASe, 25 ANp, 25 ANg. Rozwiązania konstrukcyjne tych wózków różnią się niewiele, a wynikają przede wszystkim z różnicy elementów przystosowujących je do konkretnego typu wagonu.

Na rys.1 przedstawiona została budowa wózka 25 ANp, gdzie:

1. Podwójna sprężyna śrubowa I stopnia odprężynowania
2. Tłumik hydrauliczny pionowy I stopnia odprężynowania
3. Podwójna sprężyna śrubowa II stopnia odprężynowania
4. Tłumik hydrauliczny II stopnia odprężynowania
5. Rama wózka
6. Belka poprzeczna
7. Ogranicznik skrętu na wózku
8. Tłumik hydrauliczny wężykowania
9. Uziemienie ochronne
10. Rezystor ochrony
11. Nadajnik impulsu układu przeciwpoślizgowego
12. Maźnica z pokrywą
13. Zestaw kołowy monoblokowy
14. Prowadzenie zestawu kołowego
15. Elektromagnetyczny hamulec szynowy

3. WÓZEK TYPU SPG 300-R/3S

Wózek SGP300 – R/3S został wyprodukowany w firmie Siemens SGP Verkehrstechnik GmbH – Austria. Wózek toczny SGP 300 – R/3S przystosowany jest do jazdy z prędkościami 200 km/h i jest wykorzystywany jest w wagonach typu 154A.

Rama wózka jest ramą otwartą oraz przestrzenną o spawanej konstrukcji. Wózek SGP 300 – R/3S jest połączony z pudłem wagonu za pomocą mocowanego do pudła wagonu czopa skrętu, umieszczonego w gumowo-metalowej tulei sprężystej belki bujkowej wózka, wyposażony w ślizgi boczne na belce bujkowej. Posiada dwa stopnie odsprężynowania. Pierwszy stopień zestawów

kołowych i drugi stopień belki bujkowej. Odsprężynowanie realizowane jest poprzez poziome i pionowe tłumiki hydrauliczne, ogranicznik skrętu, hamulec skrętny, silenbloki (zespoły sprężyste gumowo-metalowe) i prowadniki tulejowego zapewniające dopuszczalną spokojność biegu wózka z zakładanymi prędkościami 200 km/h.

Wózek wyposażony jest w zespoły hamulców: tarczowego i magnetycznego. Na wózku zawieszono są cylindry hamulcowe, dźwignie przycylindrowe, szczęki hamulcowe, siłowniki hamulca elektromagnetycznego, przewody elektryczne i sprężonego powietrza. Cylindry hamulcowe wyposażone są w samoczynne nastawiacze hamulcowe, a na jednym z wózków wagonu, cylindry hamulcowe podłączone są do napędu hamulca ręcznego za pomocą cięgieł elastycznych.

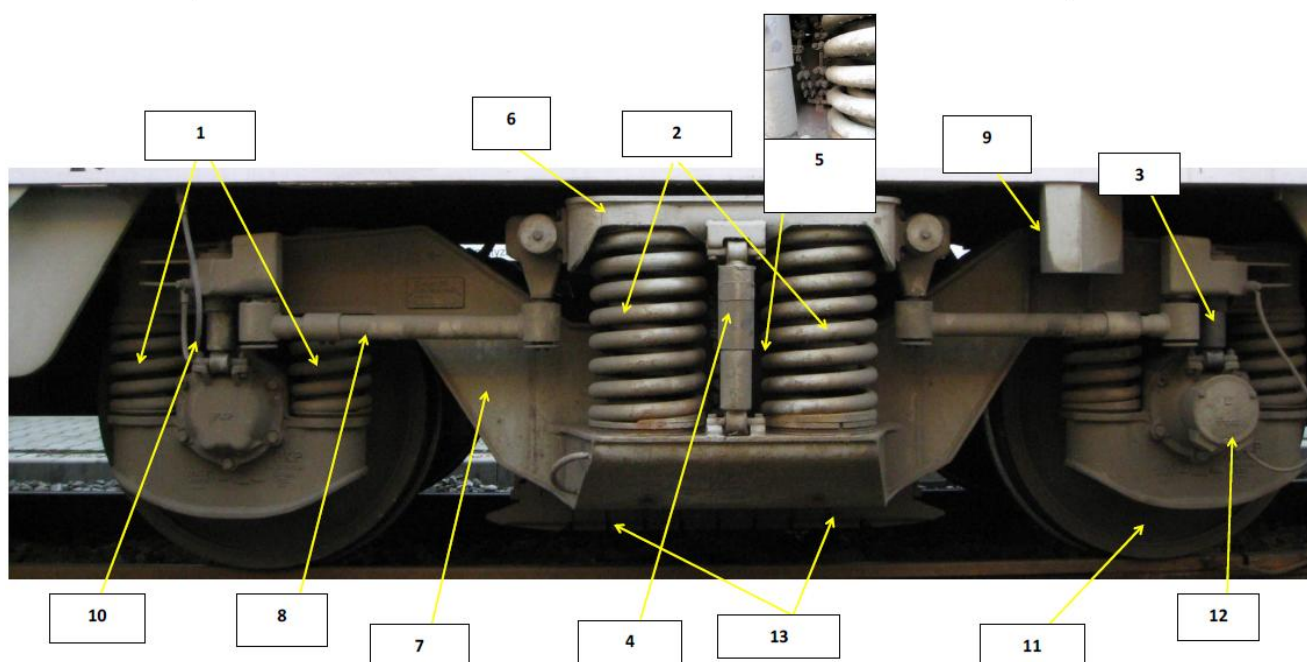
Na każdej osi zestawów kołowych wózka znajdują się trzy tarcze hamulcowe, dwa koła monoblokowe, dwie maźnice, nadajnik impulsów urządzenia przeciwpoślizgowego. Osie łożyskowe są łożyskami stożkowo-rolkowymi. Na każdej maźnicy jednej strony wózka zamocowana jest szczotka uziomowa i pokrywa bez podłączenia. Przy obu innych maźnicach montuje się nadajniki impulsów urządzenia przeciwpoślizgowego.[3]

Zabezpieczenie połączeń zespołów wózka podczas podnoszenia wykonane jest za pomocą lin stalowych. Pudło wagonu z wózkami oraz zasadnicze zespoły wózka wyposażone są w uziomy.

Na rys. 2 przedstawiono budowę wózka typu SPG 300 – R/3S, gdzie,

1. sprężyny śrubowe odsprężynowania I stopnia
2. sprężyny śrubowe odsprężynowania II stopnia
3. tłumik hydrauliczny pionowy odsprężynowania I stopnia
4. tłumik hydrauliczny pionowy belki bujkowej
5. zawieszenie rezerwowe
6. belka bujkowa
7. rama wózka
8. prowadnik belki bujkowej

WÓZEK TYPU SGP-300 R/3S



Rys. 2. Budowa wózka typu SGP 300 - R/3S [źródło: opracowanie własne]

9. ogranicznik skrętu na wózku
10. uziemienie ochronne
11. zestaw kołowy monoblokowy
12. maźnica podłączona do napędu szczotki uszyniającej
13. elektromagnetyczny hamulec szynowy

4. WÓZEK TYPU MD 524

Wózek ten został wyprodukowany w zakładach ABB Damlers-Benz Transportation GmbH w Niemczech.

Wózek toczny MD 524 przystosowany jest do jazdy z prędkościami 200 km/h i stanowi dodatkowo wyposażoną wersję wózka MD 523, który różni się od starszego brata zwiększoną ilością tarczy hamulcowych. Ten typ wózków wykorzystywany jest w wagonach typu 152A, 406A, 507A, Z1A oraz Z1B.

Rama wózka jest ramą otwartą oraz płaską o spawanej konstrukcji.

Wózek posiada zestawy kołowe monoblokowe z systemem przeciwpoślizgowym. Maźnica zestawu kołowego jest skonstruowana jako „łożysko wymienne”. Składa się z łożyska wewnętrznego złożonego z dwu łożysk walcowych oraz pierścieniowej obudowy i obudowy dzielonej – zewnętrznej z górną częścią obudowy i dolną częścią obudowy. Łożysko zestawu kołowego zamknięte jest od czoła specjalną pokrywą.[1]

Górna część obudowy przewidziana umieszczenia odsprężynowania I stopnia pośrodku maźnicy posiada odpowiednią powierzchnię oporową z trzpieniem zabezpieczenia prowadzenia. Przy górnej części obudowy umieszczono w danym wypadku skierowany w kierunku środka wózka element łączący dla prowadnic osi. Poszczególne części zewnętrznej, dzielonej obudowy – górna część obudowy i dolna część obudowy – są wykonane symetrycznie.

Wymagane, z powodu jednostronnego prowadzenia osi wyko-

nanie lewo i prawostronnie wyróżnia się przez zróżnicowanie obudowy od wewnętrznej strony maźnicy. Tym systemem wyraźnie uproszczono tworzenie zapasu części zamiennych. Wykonanie maźnicy zestawu kołowego jako „łożyska wymiennego” umożliwia prosty montaż i demontaż zestawu kołowego bez poluzniania prowadnika zestawu kołowego.[1]

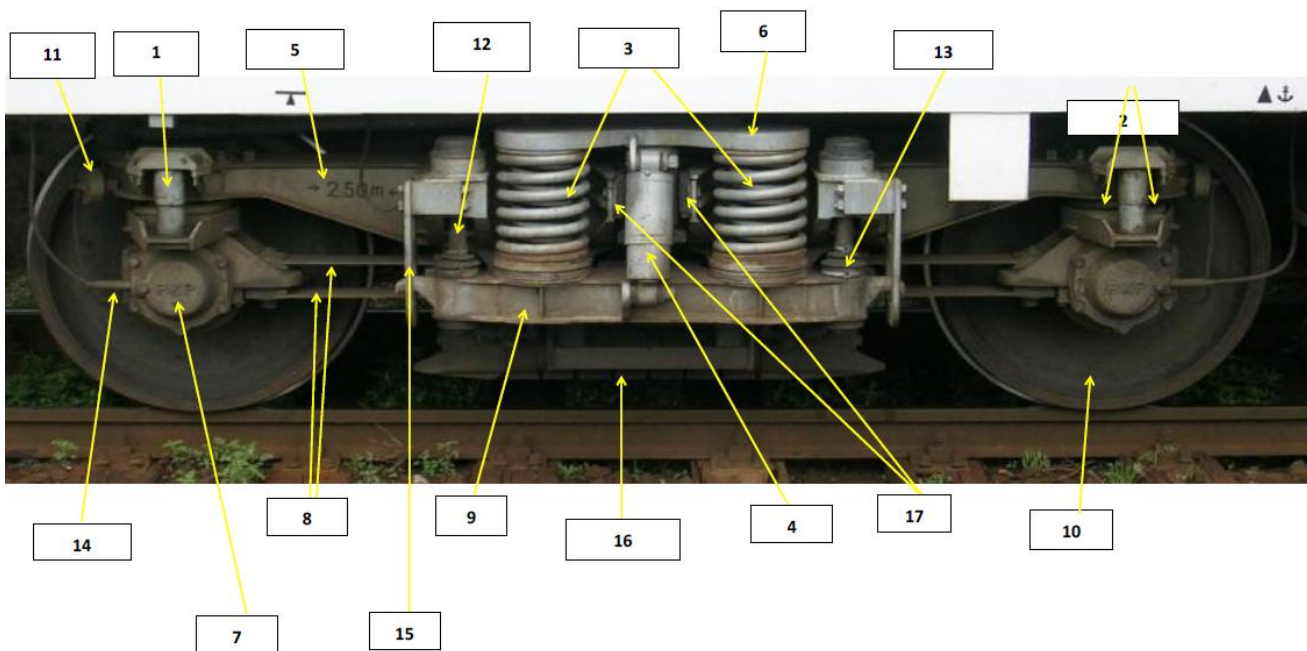
Pokrywa od strony czołowej łożyska zestawu kołowego została odpowiednio skonstruowana dla zamocowania nadajnika urządzenia przeciwpoślizgowego oraz dla połączenia uziemiającego. Luz osiowy maźnicy zestawu kołowego wynosi 0.55 do 0.9 mm.[1]

W celu zapewnienia bezusterkowego złącza wszystkie miejsca przyłączeń styków uziemiających na ramie wózka i łożysku walcowym zestawu kołowego muszą być ocynkowane, bez pokrycia jakiegokolwiek farbą. Jednym końcem linka uziemiająca zamontowana jest na łożysku walcowym zestawu kołowego, a na drugim linka zamontowana jest na rezystorze ochronnym.

Zasadniczym elementem umożliwiającym hamowanie są trzy tarcze hamulcowe, rozmieszczone na każdej osi zestawu kołowego. Są na nich zawieszane cylindry hamulcowe i dźwignie przycylindrowe. Cylindry hamulcowe połączone są z samoczynnymi nastawiaczami hamulca, a na jednym z wózków wagonu cylindry hamulcowe posiadają podłączenie do cięgieł elastycznych hamulca ręcznego. W przypadku zastosowania hamowania nagłego działanie tarcz hamulcowych jest wspomagane przez elektromagnetyczny hamulec szynowy. Część pneumatyczna układu hamulcowego wykonana jest w systemie Knorra.

Wózek MD 524 z czopem skrętu w tulei gumowej posiada dwa stopnie odsprężynowania: zestawów kołowych i belki bujawkowej. Amortyzatory pionowe i poziome oraz ogranicznik skrętu, a także stosowane w połączeniach silenbloki tj. przekładki gumowo-metalowe zapewniające spokojny bieg wózka z prędkościami założonymi do 200 km/h.

WÓZEK TYPU MD 524



Rys. 3. Budowa wózka typu MD 524 [źródło: opracowanie własne]

Na rys. 3 znajduje się budowa wózka typu MD 524, gdzie:

1. tłumik hydrauliczny drgań pionowych odprężynowania I stopnia
2. sprężyny śrubowe odsprężynowania I stopnia
3. sprężyny śrubowe odsprężynowania II stopnia
4. tłumik hydrauliczny drgań pionowych belki bujawkowej (II stopień odsprężynownia)
5. rama wózka
6. belka bujawkowa
7. maźnica
8. prowadniki zestawu kołowego
9. kołyska (wanna)
10. zestaw kołowy monoblokowy
11. rezystor ochronny
12. wieszak śrubowy (połączenie przegubowe)
13. miśzek sprężysty
14. nadajnik impulsu układu przeciwoślizgowego
15. pałąk ochronny
16. elektromagnetyczny hamulec szynowy
17. ślizgi boczne

PODSUMOWANIE

Głównym zespołem wagonu, pozwalającym osiągać określone prędkości, jest wózek. Wymagania zasadnicze wózka oraz jego podzespołów określone są w Technicznej Specyfikacji Interoperacyjności podsystemu „Tabor”, którego warunki są obligatoryjne w celu dopuszczenia do eksploatacji w Polsce. Przedstawione w artykule typy wózków różnią się nieznacznie. Wózek MD 524 oraz SGP 300 – R/3S produkcji niemiecko-austriackiej różnią się od siebie głównie odsprężynowaniem I stopnia oraz prowadzeniem zestawu kołowego. Wózki te są mało awaryjne i tanie w utrzymaniu. Jednak chlubą napawa wyrób Zakładów Naprawczych Taboru Kolejowego w Poznaniu, jakim jest wózek typu 25 ANA, którego konstrukcja została przewidziana do prędkości 250 km/h. Aktualnie większość wagonów mających dopuszczenie do jazdy na 200 km/h w Polsce, porusza się na wózkach typu 25 ANA. Wózek 25 ANA w odróżnieniu od pozostałych scharakteryzowanych w artykule, wyposażony jest w tłumik hydrauliczny wężykowania, dzięki czemu znakomicie tłumi drgania poprzeczne. Jego zaletą jest również solidna konstrukcja otwartą, przestrzenną ramy wózka. Dodatkowym atutem jest wyposażenie wózka w hamulce tarczowe działające w całym zakresie prędkości. W tej chwili Polska posiada flotę 165 wagonów przystosowanych do prędkości 200 km/h, co jest bardzo pozytywnym aspektem w kontekście modernizacji linii kolejowej nr 4 oraz linii kolejowej nr 9 do prędkości 200 km/h. Pozostaje jeszcze kwestia zakupu lokomotyw do obsługi tych wagonów.

BIBLIOGRAFIA

1. ABB Daimler-Benz Transportation GmbH, *Instrukcja - maźnica dla wózka 524*, Niemcy 2002.
2. Cegielski H., Fabryka Pojazdów Szynowych Sp. z o.o., *Wózki wagonowe*, Poznań 1998.
3. Decyzja Komisji dotycząca specyfikacji technicznej interoperacyjności podsystemu „Tabor” transeuropejskiego systemu kolei dużych prędkości, Dz.U.UE.L.2008.84.132.
4. Poznańskie Zakłady Naprawcze Taboru Kolejowego S.A., *Wózki wagonów osobowych*, Poznań 2006.

THE COMPARISON OF THE BOGIES CONSTRUCTION SUITABLE FOR SPEEDS OF 200 KM/H

Abstract

The purpose of this article is the comparison of the passenger car bogies type 25ANa, MD 524 and SGP 300 R/3S. These types of bogies are adjusted to move with the speed up to 200 km/h and more, excluding the newer versions of 25ANa. The chapter one lists the basic requirements, which needs to be fulfilled by the construction of bogies in accordance to Technical Specification for Interoperability subsystem “Rolling Stock” - Trans European high-speed railway system. The article presents the overview of the rolling stock adjusted to the speed of 200 km/h and more, which is operated by polish rail carriers.

Autorzy:

dr hab. inż. **Mieczysław Kornaszewski**, prof. nadzw. – Uniwersytet Technologiczno-Humanistyczny im. Kazimierza Pułaskiego w Radomiu, Wydział Transportu i Elektrotechniki, 26-600 Radom; ul. Malczewskiego 29. Tel: + 48 48 361-77-88; Fax: + 48 48 361-77-42; m.kornaszewski@uthrad.pl

mgr inż. **Sebastian Kałuża** – doktorant, Uniwersytet Technologiczno-Humanistyczny im. Kazimierza Pułaskiego w Radomiu, Wydział Transportu i Elektrotechniki; 26-600 Radom; ul. Malczewskiego 29. Tel: + 48 508 920 946