

Jednoosiowe wózki i osie ustawne promieniowo w pojazdach szynowych

Celem wszystkich prac konstrukcyjnych dotyczących współpracy zestawów kołowych z torem zarówno na liniach głównych – o długich odcinkach prostych z nielicznymi łukami o promieniach rzędu kilku kilometrów, umożliwiającą jazdę z dużymi prędkościami, jak i na liniach krętych z licznymi łukami o małych promieniach, na których dopuszczalne prędkości są znacznie mniejsze, jest:

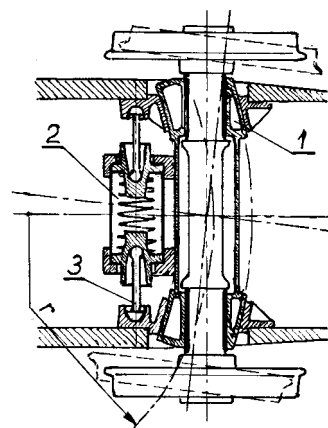
- zwiększenie bezpieczeństwa jazdy,
- zmniejszenie sił, zwłaszcza poprzecznych, działających w układzie koło – szyna,
- zwiększenie trwałości powierzchni toczych i obrzeży kół oraz szyn,
- zmniejszenie emisji hałasu toczonego.

Bezpieczeństwo jazdy zależy w dużym stopniu od zachowania wymaganego kształtu profilu powierzchni toczych i obrzeży kół w granicach dopuszczalnego ich zużycia ściernego. Zwiększenie trwałości tych powierzchni wydłuża czas przebiegów międzynaprawczych zestawów kołowych, a przez to obniża koszty eksploatacji i napraw z konieczną reprofiliacją zarysów, powodowaną głównie zużyciem obrzeży.

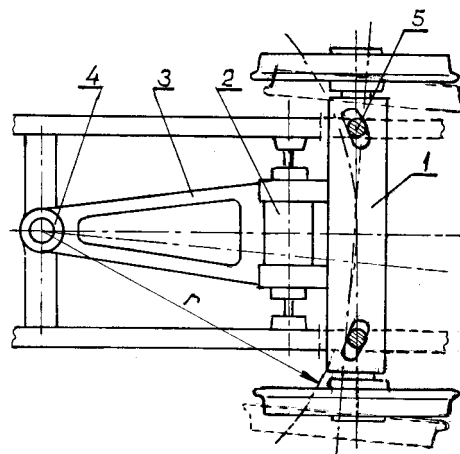
Decydujący wpływ na zwiększenie trwałości obrzeży kół ma zmniejszenie kąta nabiegu koła na szynę, zwłaszcza w łukach torowych. W dominujących dwuosiowych wózkach kolejowych pojazdów szynowych osiąga się to albo przez zmienne wartości sztywności podłużnej i poprzecznej w układzie prowadzenia zestawów kołowych, albo przez układy sterujące radialnym ustawianiem się zestawów w łukach.

W jednoosiowych wózkach pojazdów kolejowych wystarczającą skrętną podatność zestawu kołowego względem nadwozia realizuje się przez dobór sztywności poprzecznych obu stopni usprężynowania. W tramwajach niskopodłogowych w wózkach jednoosiowych z rozprzężonymi kołami zestawu, toczącymi się niezależnie dla zmniejszenia kąta nabiegu, konieczne są układy aktywnego sterowania kołami w łukach.

Pojedyncze, jako czołowe prowadzące zestawy kołowe toczne ustawiające się w sposób zbliżony do promieniowego w łukach torowych, były już blisko 100 lat temu stosowane w wielu starych seriach parowozów. Do jednych z najstarszych rozwiązań konstrukcyjnych zalicza się oś Adama przedstawioną na rysunku 1. Połączone poprzecznie kadłuby łożysk ślizgowych oraz ich widłowe prowadnice miały współpracujące powierzchnie ukształtowane łukowo o promieniu r . Rurowe połączenie kadłubów łożysk było wyposażone w tzw. sprężynowy nastawiacz zwrotny 2 z trzonami 3, których zewnętrzne kuliste końce były osadzone w gniazdach ramy pojazdu. Nabieg jednego z kół zestawu kołowego obrzeżem na główkę szyny w łuku torowym wymuszał skręt zestawu wraz z łożyskami i nastawiaczem zwrotnym, powodując przez działanie jednego z trzonów 3 ugięcie sprężyny nastawiacza. Działanie sprężyny nastawiacza przeciwdziałało swobodzie skrętu zestawu kołowego, a po wyjeździe z łuku i zaniku siły prowadzącej, powrót zestawu do położenia środkowego. Na skutek zdarzających się w eksploatacji zakleszczeń zestawów w łukach i wynikających z tego wykolejeń, opisaną konstrukcję zastąpiono z czasem jednoosiowym wózkiem dyszlowym (zwanym też półwózkiem) pokazanym na rysunku 2. Skrzynia 1, zawierająca łożyska osi zestawu kołowego z zainstalowanym sprężynowym nastawiaczem zwrotnym 2 (takim jak przy osi Adama), zo-



Rys. 1. Oś Adama



Rys. 2. Wózek dyszlowy (półwózek)

stała połączona dyszlem 3 o długości r z gniazdem 4 czopa skrzętu osadzonym w poprzecznej belce ramy pojazdu. Obciążenia pionowe na prowadzącą oś toczną przenoszone są z ramy pojazdu czopy 5 na łukowe gniazda ślizgowe skrzyni 1.

W obu opisanych konstrukcjach naciski na osie prowadzące były zawsze mniejsze od nacisków na osie napędne. Eksploatacyjne prędkości parowozów z pojedynczymi osiami prowadzącymi nie przekraczały 80 km/h.

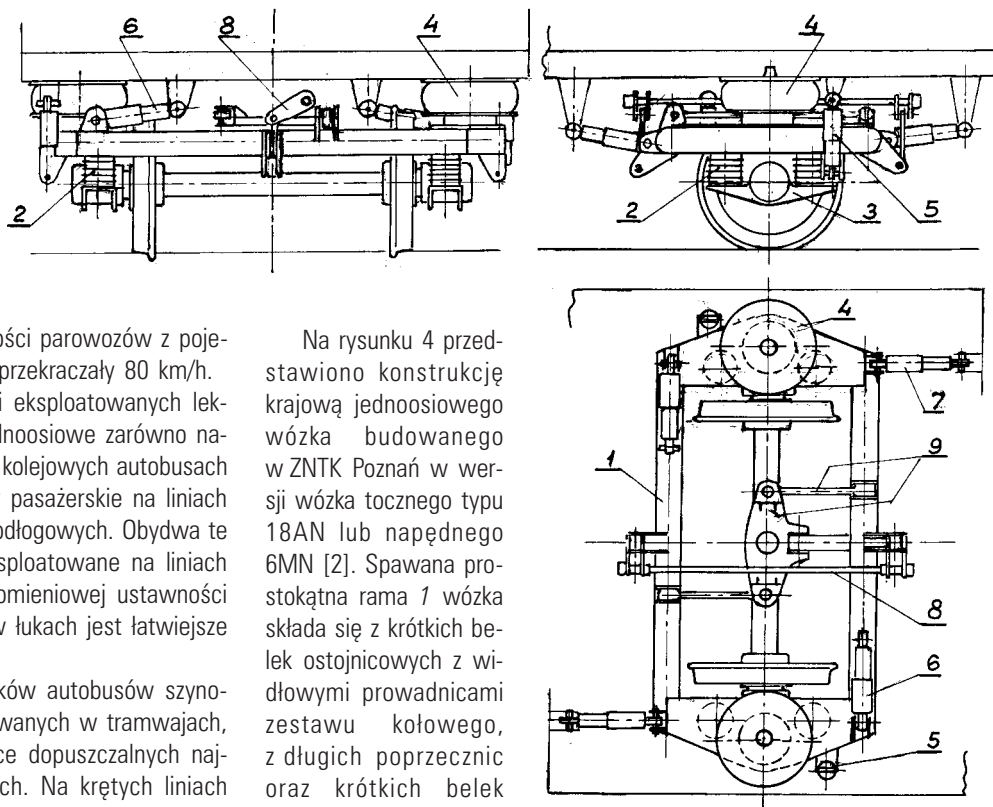
We współcześnie budowanych i eksploatowanych lekkich pojazdach szynowych wózki jednoosiowe zarówno napędne, jak i toczne są stosowane w kolejowych autobusach szynowych, obsługujących przewozy pasażerskie na liniach lokalnych oraz w tramwajach niskopodłogowych. Obydwa te rodzaje pojazdów są najczęściej eksploatowane na liniach krętych, na których realizowanie promieniowej ustawności pojedynczych zestawów kołowych w łukach jest łatwiejsze niż w wózkach dwuosiowych.

Konstrukcje jednoosiowych wózków autobusów szynowych różnią się od rozwiązań stosowanych w tramwajach, na co wpływają bardzo duże różnice dopuszczalnych najmniejszych promieni łuków torowych. Na krętych liniach kolejowych normalnotorowych najmniejsze promienie łuków są na ogół większe niż 180 m i kąty nabiegu kół na główkę szyny nie przekraczają 1° . Na liniach tramwajowych, zwłaszcza w obrębie śródmieścia, najmniejsze promienie łuków mogą wynosić 18 m (niekiedy nawet mniej) i w tych przypadkach kąty nabiegu kół są rzędu 3° , co jest powodem szybkiego zużywania się zwłaszcza obrzeży kół.

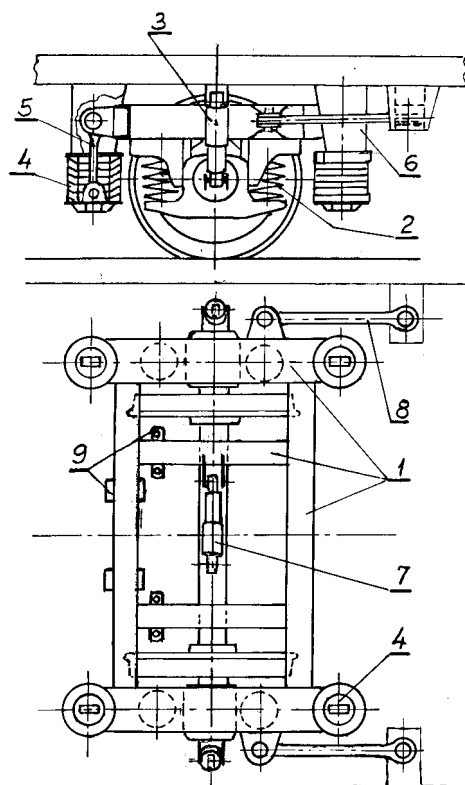
W dalszej części opisane są wybrane konstrukcje jednoosiowych wózków autobusów szynowych oraz przykłady bardziej złożonych rozwiązań jednoosiowych wózków tramwajów niskopodłogowych.

Jednoosiowe wózki autobusów szynowych

Na rysunku 3 pokazany jest wózek toczny firmy AEG [1]. Spawana prostokątna rama 1 wózka jest oparta przez bloki sprężyn gumowo-metalowych 2 na gniazdach konsol kadłubów 3 łożysk zestawu kołowego. Układ tych sprężyn, stanowiących I stopień usprężynowania, dzięki doborowi sztywności poprzecznych i podłużnych umożliwia radialne ustawianie się zestawu kołowego w łukach torowych. Na poszerzonych krótkich podłużnych belkach ramy są osadzone sprężyny powietrzne 4 tworzące II stopień usprężynowania i na nich jest zawieszona nadwozie. Z obu stopni usprężynowania współdziałają tłumiki hydrauliczne pionowe 5 i poprzeczne 6. Oprócz tego ramę wózka z ramą nadwozia łączą rozmieszczone po przekątnej podłużne tłumiki 7 przeciwdziałające wężykowaniu. Położenie ramy wózka stabilizuje układ z drążkiem skrętnym 8. Siły wzdłużne z wózka na nadwozie przenosi leminiskatowy układ cięgien 9 umieszczony nad ramą wózka. Na rysunku 3 nie uwidoczniłono zespołu hamulca tarczowego, którego tarcze mogą być osadzone na osi zestawu lub na kołach.



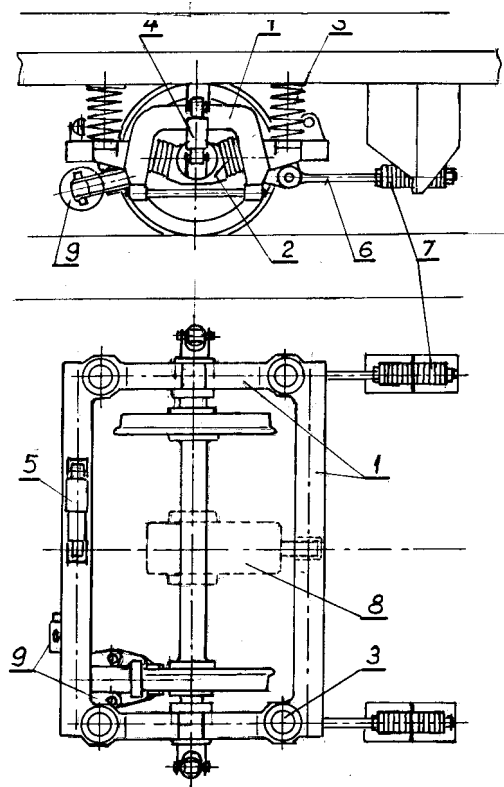
Rys. 3. Wózek toczny firmy AEG



Rys. 4. Wózek jednoosiowy produkcji ZNTK Poznań typu 18AN (toczny), 6MN (napędny)

ków 5, których łby są wyposażone w sferyczne przeguby gumowo-metalowe. Ramę wózka z nadwoziem łączy tłumik hydrauliczny 7, a siły wzdłużne przenoszą poziome podłużne cięgła 8 z łbami wyposażonymi w tuleje gumowe, usytuowane po zewnętrznych stronach wózka. Pod belkami ramy wózka są umocowane siłowniki 9 powietrznego hamulca tarczowego oraz zawieszono dźwignie przekładni i szczęki hamulcowe współpracujące z tarczami hamulcowymi osadzonymi na osiach zestawu kołowego (pod krótkimi belkami wzmacniającymi ramę). W wózkach napędnych 6MN skrzynia przekładni głównej jest ułożyskowana w środkowej części osi zestawu kołowego i podwieszona cięgnem reakcyjnym do ramy wózka. Przeprowadzone badania i pomiary dynamicznych cech opisanego wózka wykazały dobre wartości wskaźników Wz w spokojności jazdy nie przekraczające trzech przy prędkościach 100 km/h.

Konstrukcja tocznego lub napędnego uniwersalnego jednoosiowego wózka typu 16MN przewidzianego do lekkich pojazdów szynowych, zaprojektowanego przez polskich konstruktorów [3] jest przedstawiona na rysunku 5. Prostokątna spawana rama 1 składa się z dwóch krótkich belek ostojnicowych połączonych długimi poprzecznicami. Środkowa część każdej belki ostojnicowej ma kształt zamkniętego zwoła kabłąka, w którym mieści się łożysko 2 osi zestawu kołowego współpracujące z daszkowymi sprężynami gumowo-metalowymi typu „Cherron”, które stanowią I stopień usprężynowania. Drugi stopień usprężynowania tworzą sprężyny śrubowe 3 typu „flexicoil” osadzone w narożach ramy i na nich oparte jest nadwozie. Szywności poprzeczne obu



Rys. 5. Uniwersalny jednoosiowy wózek typu 16MN do lekkich pojazdów szynowych

stopni usprężynowania umożliwiają quasi radialne ustawianie w łukach zestawu kołowego oraz ograniczoną skrętność i przesuwność poprzeczną wózka względem nadwozia. Z układami sprężyn współdziałają tłumiki hydrauliczne pionowe 4 zamontowane na zewnątrz kadłubów łożysk oraz poprzeczny tłumik 5 łączący ramę wózka 7 z nadwoziem. Siły wzdłużne z wózka na nadwozie przenoszą cięgła 6. Każde cięgło po stronie połączenia z ramą wózka jest zakończone kołowym przegubem gumowo-metalowym, a po stronie wysięgnika ramy nadwozia – układem gumowych elementów sprężystych 7. Na środkowej części osi jest ułożyskowana skrzynia 8 dwustopniowej głównej przekładni zębatej. Skrzynię tę łączy z poprzecznicą ramy wózka poziome wzdłużne cięgło reakcyjne zakończone przegubowymi łbami metalowo-gumowymi. Zespół powietrznego hamulca tarczowego 9 jest zawieszony na wspornikach pod poprzecznicą ramy, przy czym przekładnia hamulca obsługuje tarczę hamulcową jednego koła zestawu. Konstrukcja ramy wózka umożliwia również zabudowę układu hamulca z dwoma tarczami osadzonymi na osi.

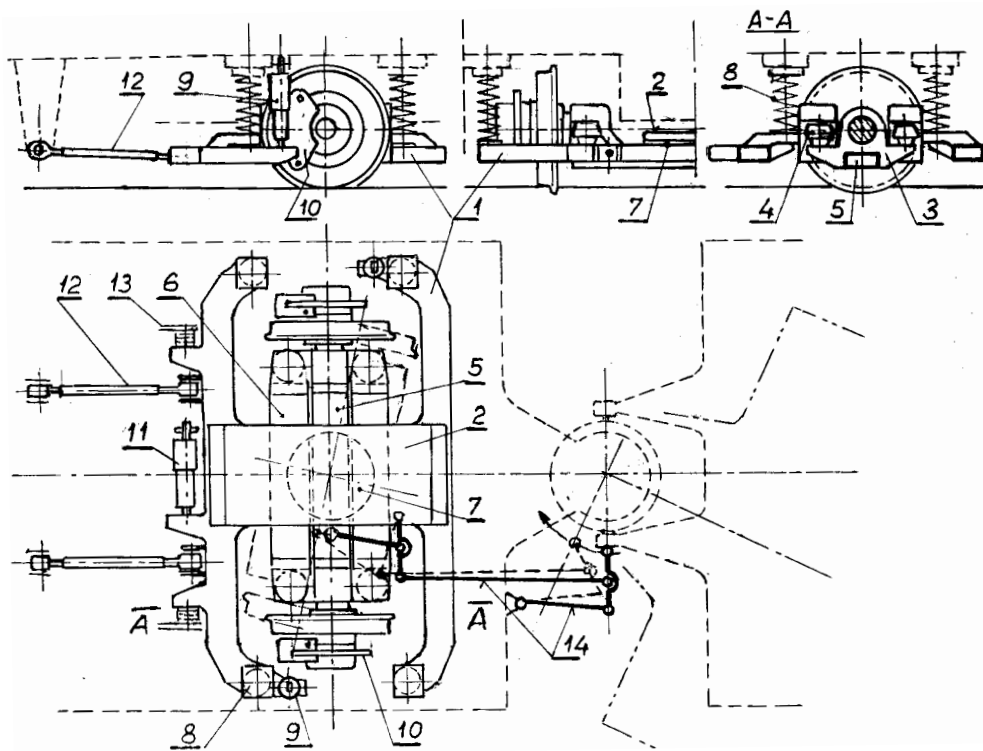
Wyniki badań wózka wykazały niskie wartości wskaźników spokojności jazdy oraz spełnienie wymaganych kryteriów dynamicznych, zawartych w odnośnych kartach UIC.

Jednoosiowe wózki tramwajów niskopodłogowych

Tramwaje niskopodłogowe są budowane z reguły jako członowe, przy czym liczba członów może być różna: od często stosowanych trzech do siedmiu członów (np. tramwaj dla Strasburga). Wysokość położenia niskiej podłogi nad poziomem główek szyn nie może przekraczać 350 mm. W członach nie wszystkie zestawy kołowe są napędzane. Przy normalnie stosowanych średnicach kół, wynoszących 650 do 680 mm, ułożenie nad nimi niskiej podłogi wymaga usunięcia wspólnej prostej osi z naprasowanymi na niej kołami. Konieczne więc jest rozłączenie obu kół zestawu, które toczą się niezależnie. Pozbawia to korzystnych cech samoprowadzenia w torze tradycyjnych zestawów kołowych. Jak wykazała praktyka, niezależne toczenie się kół zestawu, zwłaszcza w łukach torowych o małych promieniach (rzędu kilkunastu metrów), zwiększyło możliwości wykolejeń i zużywanie się powierzchni tocznych kół, zwłaszcza obrzeży. Z tych względów okazało się konieczne stosowanie konstrukcji umożliwiających radialne ustawianie się zestawów kołowych przez wprowadzenie układów sterujących.

Na rysunku 6, wykonanym według [4], przedstawiono jednoosiowy wózek toczny z rozłączonymi kołami zestawu niskopodłogowego tramwaju dla miasta Bonn. Konstrukcja wózka jest złożona. Ramę w kształcie litery H tworzą dwie długie belki poprzeczne 1 połączone w części środkowej płytą 2. Koła zestawu po ich zewnętrznych stronach są ułożyskowane na nieruchomych czopach osadzonych w konsolach 3 z gniazdami gumowych sprężyn 4 stanowiących I stopień usprężynowania. Konsolle 3 są połączone nisko położoną belką 5. Na sprężynach 4, po obu stronach belki 5 są ułożone belki 6, połączone obrotowym kulowym pierścieniem 7, na którym leży płyta 2 ramy wózka. Pierścień kulowy 7 umożliwia skręt zestawu kół z układem belek poprzecznych

5 i 6 względem ramy wózka. Na końcach poprzecznic 1 są osadzone sprężyny śrubowe 8, które z pionowymi tłumikami hydraulicznymi 9 stanowią II stopień usprężynowania. Na tych sprężynach jest oparta rama nadwozia. Przed kołami są zamontowane tarcze hamulca tarczowego 10. Ramę wózka z nadwoziem łączy poprzeczny tłumik hydrauliczny 11, a siły wzdłużne na nadwozie przenoszą cięgiła 12. Ograniczniki 13 umożliwiają poprzeczny przesuw ramy wózka. Radialnym ustawianiem się w łukach zestawu kołowego steruje układ dźwigni 14, który przy skrętach uruchamia przegub łączący końce sąsiadujących członów tramwaju. Przegub i zarysy członów są nakreślone linią przerywaną. Niska podłoga szerokości 730 mm środkowego przejścia w członach tramwaju znajduje się na wysokości 350 mm nad główką szyny.

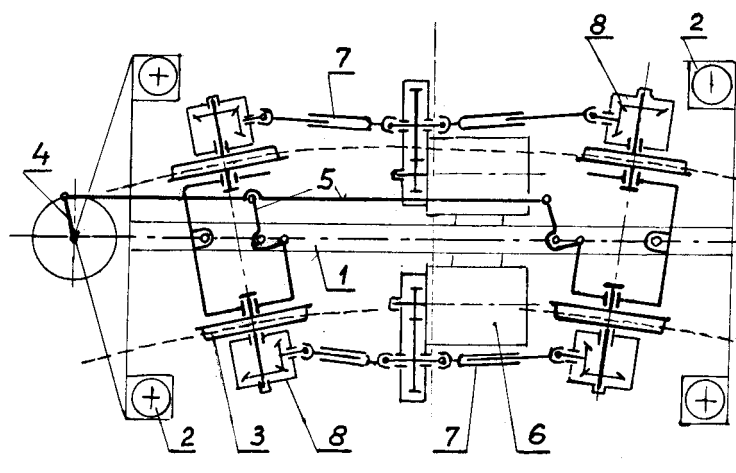


Rys. 6. Jednoosiowy wózek toczny z rozprężonymi kołami zestawu niskopodłogowego tramwaju dla Bonn



Przykładem nietypowego rozwiązania podwozia niskopodłogowego trójczłonowego tramwaju „Cobra” jest wózek napędny, schematycznie przedstawiony na rysunku 7 [1]. Tramwaj ten był przewidziany dla Zurychu, w którym są linie o bardzo małych promieniach łuków (nawet 11,8 m) oraz duże wzniesienia (do 80%). Wpłynęło to na zastosowanie specjalnego układu 5 sterującego promieniowym ustawianiem czterech niezależnych kół oraz ich napędu umożliwiającego większe wykorzystanie przyczepności. W trzyczłonowym tramwaju obydwa skrajne człony tramwaju są napędne. Każdy z nich jest osadzony na belkach układu wsporczego 1 przez cztery sprężyny śrubowe 2 stanowiące II stopień usprężynowania. Nisko położone belki układu wsporczego wiążą dwie pary niezależnych kół 3 o rozstawie 3250 mm. Człon środkowy tramwaju jest zawieszony i połączony z członami napędowymi za pośrednictwem przegubów 4, które są umieszczone na końcach poprzecznych belek obu układów wsporczych. Podczas wjazdu w łuk i skrętu członów tramwaju, ramię przegubu 4 uruchamia związaną z belką podłużną układu wsporczego zespół cięgieł i dźwigni 5. Zespół ten steruje promieniowym ustawianiem się kół zgodnym z krzywizną przejeżdżanego łuku.

Po każdej stronie członu napędowego jest zamontowany wzdłużnie asynchroniczny silnik trakcyjny 6. Moment obrotowy z wału silnika i związanej z nim czołowej przekładni zębatej przenoszą do obu kół po danej stronie teleskopowe wały przegubowe 7 przez stożkowe przekładnie zębate 8. Ten sposób rozwiązania układu napędowego umożliwia uzyskiwanie jednakowych wartości momentu obrotowego na niezależnych kołach zestawów przy różnych ich prędkościach obrotowych w łukach torowych.

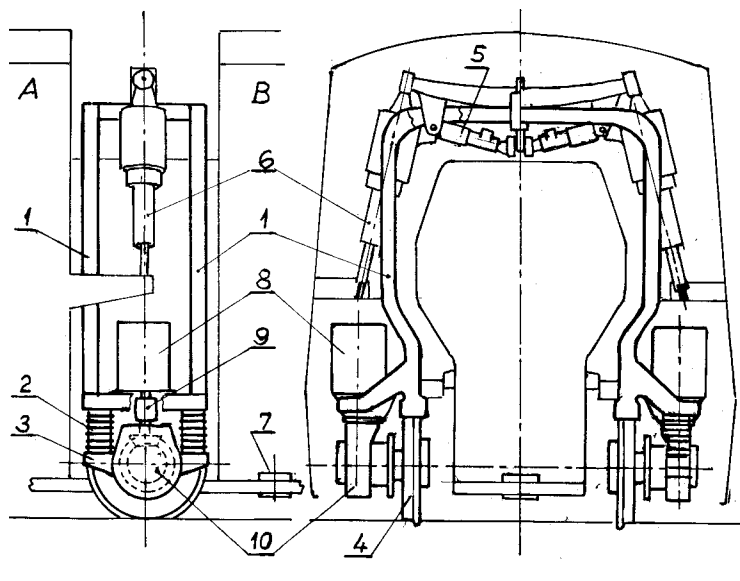


Rys. 7. Schemat wózka napędowego trójczłonowego tramwaju niskopodłogowego „Cobra”

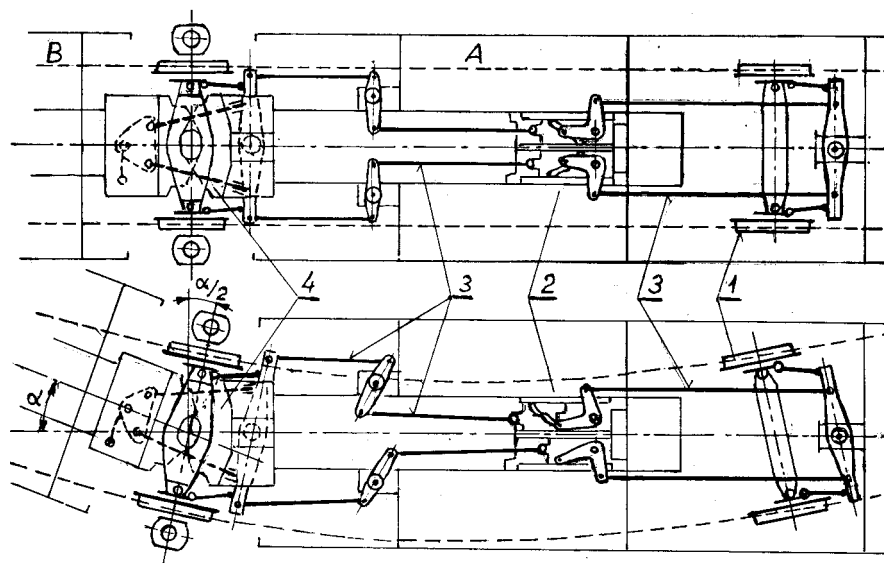
Obniżenie położenia podłogi w tramwaju do wysokości poniżej 200 mm nad poziomem główki szyny, oprócz koniecznego rozłączenia kół zestawu, wymaga wyeliminowania dolnej, poziomej ramy wózka. Pociąga to za sobą konieczność zastosowania górnego zawieszenia nadwozia pod dachem. Stało się to możliwe przez zastosowanie pionowej ramy w kształcie odwróconej litery U, tworzącej tzw. portal. Tego rodzaju rozwiązanie było zastosowane w pociągu Talgo kolei hiszpańskich.

Układ portalowy jednoosiowego wózka, na którym są zawieszane końce sąsiadujących nadwozi, jest przedstawiony na rysunku 8, wykonanym na podstawie [4]. Portal 1 jest

złożony z dwóch jednakowych, rozstawionych pionowych ram w kształcie bram, połączonych poprzeczkami. Dolne części obu ram są oparte na gumowo-plytowych sprężynach



Rys. 8. Układ portalowy wózka jednoosiowego



Rys. 9. Schemat systemu sterowania promieniowym ustawianiem się w łukach kół tramwajów z portalowym zawieszeniem członów

2 osadzonych w gniazdach 3 kadłubów łożysk rozdzielonych kół 4 zestawu. Sprężyny 2 stanowią I stopień usprężynowania. Między pionowymi ramami w portalu 1, w poziomej górnej części wyposażonej w układy tłumików i kołysań bocznych 5, po obu stronach są zawieszony sprężyny 6 tworzące II stopień usprężynowania. Na tych sprężynach jest zawieszony nadwozie członu A tramwaju. Na wysięgających poza portal nisko położonych belkach ramy nadwozia członu A opiera się przez przegub 7 członu B tramwaju. Między ramami portalu są umocowane pionowo po obu stronach nad kołami asynchroniczne silniki trakcyjne 8, z których każdy przez podatne sprzęgło 9 i stożkową przekładnię zębatą 10 napędza koło wózka. Jednoosiowe wózki w układzie portalowym mogą być napędne (jak na rys. 8) lub toczne, bez układu napędowego. Opisane wózki znajdują zastosowanie w niskopodłogowych tramwajach cztero- lub pięciocłonowych.

Schemat systemu sterowania promieniowym ustawianiem się w łukach kół tramwajów z portalowym zawieszeniem członów jest przedstawiony na rysunku 9, wykonanym według [4]. Przedni zestaw kółowy 1 skrajnego członu A tramwaju jest związany za pośrednictwem zespołu sprężynowo-nastawczego 2 z układem cięgien podłużnych dźwigni 3, który steruje w łukach ustawianiem kół i całego portalu 4, na którym są zawieszony końce sąsiadujących nadwozi członów A i B. Konstrukcja układu sterowania sprawia, że w łuku torowym o danym promieniu i obrocie o kąt α , kąt obrotu obu członów opartych na portalu wraz z kołami wynosi $\alpha/2$.

Literatura

- [1] Romaniszyn Z., Wolfram T.: *Nowoczesny tabor szynowy*. Wydawnictwo Specjalne Instytutu Pojazdów Szynowych, Kraków 1997.
- [2] Matusik S., Suwalski R.: *Autobus szynowy SA102A/SA111/SA102B-002*. Technika Transportu Szynowego 6/1996.
- [3] Bula Z., Marciniak Z., Pawlak Z., Sienicki A.: *Konstrukcja uniwersalnego jednoosiowego wózka dla pojazdów szynowych*. XIV Konferencja Naukowa Pojazdy Szynowe 2000, „Pojazdy szynowe na przełomie wieków”, Kraków-Arlamów, 9–13 października 2000.
- [4] ZEV+DET Glas. Ann. 119 (1995) Nr 9/10.