

Układy biegowe krajowych autobusów szynowych dla ruchu lokalnego

Artykuł zawiera wymagania jakie stawia się nowoczesnym układom biegowym stosowanym w autobusach szynowych do ruchu z prędkościami do 120 km/h. Przedstawiono również w miarę szczegółowe opisy wózków tocznych i napędnych, które znalazły już zastosowanie w autobusach szynowych eksploatowanych oraz tych, które w niedalekiej przyszłości wejdą do eksploatacji. W zakończeniu podano niektóre parametry wózków dla ich zastosowania w lekkich pojazdach szynowych. Artykuł powstał w wyniku realizacji projektu badawczego KBN 9T12C04919 pt. „Opracowanie i wybór na podstawie badań symulacyjnych układu napędowego i biegowego autobusu szynowego dla ruchu lokalnego”.

1. Wstęp

Układ biegowy każdego pojazdu szynowego, w tym również autobusów, wywiera znaczny wpływ na bezpieczeństwo ruchu, spokojność jazdy, współpracę pojazdu z torem jak również na wykorzystanie przyczepności kół z szynami w procesie realizacji siły pociągowej oraz emisję hałasu powodowanego toczaniem się kół po szynach.

Ogólnie układ biegowy to zespół elementów i urządzeń, które realizują mechanikę ruchu pojazdu. W autobusach szynowych układ biegowy to najczęściej dwa wózki oraz elementy łączące je z ostoją pudła. W skład każdego wózka autobusu wchodzi rama oparta sprężystnie (elastycznie) najczęściej na jednym lub dwóch zestawach kołowych, prowadzonych w niej za pośrednictwem elementów elastycznych.

Wózki stosowane w autobusach szynowych mogą być toczne lub napędne, z jedno lub dwustopniowym usprężynowaniem.

Układy usprężynowania to zbiór elementów sprężystych i tłumiących takich jak sprężyny śrubowe, elementy gumowo-metalowe, sprężyny pneumatyczne, tłumiki hydrauliczne i ciernie oraz części pomocnicze tj. wieszaki, drążki, wałki, wsporniki itp. łączące zestawy kołowe z ramą wózka oraz wózek z pudłem autobusu.

W artykule opisano wymagania stawiane wózkom, wynikające z przepisów międzynarodowych oraz dokonano przeglądu konstrukcji wózków krajowych autobusów szynowych, które są już eksploatowane względnie w najbliższym czasie wejdą do eksploatacji na liniach drugorzędnych.

2. Wymagania dla układów biegowych autobusów

Wśród wielu wymagań stawianych układom biegowym, podstawowe znaczenie mają ich własności biegowe. Własności biegowe to przede wszystkim cechy charakteryzujące własności dynamiczne każdego pojazdu szynowego oraz jego współpracę z torem kolejowym zarówno na jego odcinkach prostych jak i na łukach zwłaszcza o małych promieniach. Wynika z tego, że wpływ na własności biegowe każdego pojazdu szynowego a więc:

- bezpieczeństwo jazdy,
- siły dynamiczne, zwłaszcza poprzeczne, działające w układzie koło – szyna,
- stateczność ruchu,

- intensywność drgań,
 - trwałość obrzeży kół oraz szyn,
 - emisja hałasu wywołanego podczas toczenia,
- mają zarówno parametry konstrukcyjne układu biegowego jak i parametry samego toru [2, 3].

Głównymi dokumentami międzynarodowymi zawierającymi warunki i wymagania jakie powinny spełniać układy biegowe autobusów to Raport nr 8 ORE(ERRI)B55 [17] oraz Karta UIC 518 [18].

Pierwszy dokument [17] określa następujące podstawowe warunki, jakie powinien spełniać pojazd szynowy, by uznać go za bezpieczny w ruchu po torze kolejowym:

- iloraz Y/Q a więc stosunek siły prowadzącej Y i nacisku pionowego Q koła prowadzącego nie powinien przekraczać wartości 1,2 a uniesienie koła prowadzącego nad główką szyny nie powinno przekraczać wartości 5 mm podczas przejazdu quasistatycznego z $v = 5$ km/h przez łuk o promieniu $R = 150$ m na szynach tak zwichrowanych, aby na zewnętrznym toku szynowym następowało odciążenie kół nabiegających,
- wchrowatość toru próbnego winna wynosić nie mniej niż:

$$\begin{aligned} & 7\text{‰ dla bazy pomiarowej } 2a \leq 3 \text{ m,} \\ & 2 + \frac{15}{2a} \text{‰ na bazie pomiarowej } 3 < 2a \leq 20 \text{ m,} \\ & \frac{55}{2a} \text{‰ na bazie pomiarowej } 2a > 20 \text{ m,} \end{aligned}$$

- pochylenie obrzeży kół nie powinno być mniejsze niż 70° (dla przypadku mniejszych pochyłeń np. dla profilu 28 UIC przyjęto $Y/Q \leq 0,8$ dla $R \geq 300$ m).

Ponadto pojazd powinien być badany w stanie próżnym, a w przypadku progresywnego usprężynowania również w stanie częściowo załadowanym oraz uwzględniać błędy wykonania konstrukcji mające wpływ na iloraz Y/Q [5].

Badania bezpieczeństwa przed wykolejeniem można prowadzić następującymi metodami:

- doświadczalną, polegającą na pomiarze nacisku „Q” na wadze oraz siły „Y” na zestawach prowadzących na łuku torowym o promieniu $R = 150$ m a następnie określeniu ilorazu Y/Q wg następującej zależności [5]:

$$\left(\frac{Y}{Q}\right)_{il} = \frac{H_{Yi} + u_{i2} \cdot Q_{iz}}{Q_{il}} \quad (1)$$

gdzie:

$$H_{Yi} = Y_{i1}^o + Y_{i2}^o \quad - \text{z pomiaru na łuku torowym},$$

$$Q_{i1} = Q_{i1}^o + \frac{D_k}{4s} \cdot H_{Yi},$$

$$Q_{i2} = Q_{i2}^o + \frac{D_k}{4s} \cdot H_{Yi},$$

$$Q_{i1}^o, Q_{i2}^o \quad - \text{z pomiarów na wadze},$$

$$D_k \quad - \text{średnica toczna koła},$$

$$s \quad - \text{połowa rozstawu kręgów tocznych},$$

$$u_{i2} = \frac{Y_{i2}^o}{Q_{i2}^o} \quad - \text{współczynnik tarcia kół po szynach według}$$

$\gamma_{\max}$ – maksymalne pochylenie profilu koła nie nabiegającego,

$\varphi_{\max}$ – maksymalny kąt tarcia = $\arctg(0,36)$.

pomiarów na łuku torowym lub jako $\tg(\gamma_{\max} + \varphi_{\max})$

gdzie:

- doświadczalno-obliczeniową, polegającą na pomiarze nacisków kół „Q” na wadze, obliczeniu sił „Y” np. metodą Heumanna a następnie określeniu stosunku Y/Q wg zależności (1),
- obliczeniową uproszczoną, w której oblicza się zarówno wartości sił „Q” jak i „Y” a następnie wyznacza stosunek „Y/Q”,
- obliczeniową dokładną, opierającą się na szczegółowym zamodelowaniu matematycznym pojazdu uznanymi i sprawdzonymi programami komputerowymi (np. Medyna, Vampire, Adams), które ponadto wykonują szereg analiz symulacyjnych, w tym przejazd przez zwichrowany tor w łuku o promieniu $R = 150$ m, określając zarówno stosunek Y/Q jak i uniesienie kół nad główką szyny.

Drugi dokument [18] dotyczy bezpieczeństwa ruchu pojazdu szynowego w warunkach rozwijania maksymalnych prędkości na odcinkach prostych i na łukach torowych. Karta UIC 518 [18] określa szczegółowo zasady badań pojazdu w tym rodzaj torów, na których należy przeprowadzać próby, wybór prędkości jazdy, warunki dla profili tocznych kół, wybór wielkości mierzonych, zasady obróbki matematycznej wielkości zmierzonych, kryteria dla oceny wyników jak również stany w jakich należy pojazd badać oraz ich zakres szczegółowy [5]. W zakresie wyboru torów należy przewidzieć do badań pojazdu odcinki proste jak i łuki o promieniach $R > 600$ m i $250 < R < 600$ m oraz odcinki w dobrym, średnim i złym stanie utrzymania.

Prędkości jazd pomiarowych winny wynosić na prostej $v_{\max} + 10$ km/h (gdzie: $v_{\max}$ – maksymalna prędkość konstrukcyjna pojazdu), na łukach o $R > 600$ m od $v_{\max}$ do $1,1 v_{\max}$ a na łukach o $R \square (250, 600)$ prędkość określoną przez nieznaczoną przechylkę torów.

Wielkościami mierzonymi podczas jazdy powinny być:

- siły poprzeczne Y i pionowe Q mierzone przynajmniej dla połowy kół pojazdu,
- przyspieszenia poprzeczne i pionowe na nadwoziu i nad tylnymi wózkami lub zestawami kołowymi,
- przyspieszenia poprzeczne na ramach wózków przy każdym zestawie kołowym.

Kryteria oceny układu biegowego i ich wartości graniczne dla autobusów szynowych przedstawiają się następująco:

- suma sił Y na każdym zestawie kołowym winna wynosić:

$$[(\Sigma Y)_{2m}]_{\lim} = 10 + \frac{P_o}{3} \quad (2)$$

gdzie: P_o – pionowy nominalny nacisk zestawu na tor, $2m$ – wartość uśredniona na dwumetrowej długości toru.

- współczynnik $(Y/Q)_{2m}$ na kołach prowadzących powinien być równy 0,8 dla torów prostych i łuków o promieniu $R > 250$ m,
- wartości skuteczne sił poprzecznych Y winny wynosić:

$$(s\Sigma Y)_{\lim} = \frac{(\Sigma Y)_{\lim}}{2} = \frac{10 + \frac{P_o}{3}}{2} \quad (3)$$

- pionowa siła na kole $Q_{\lim} = 90 + \frac{P_o}{2}$ nie powinna przekraczać wartości 200 kN ze względu na wytrzymałość toru,
- pionowa quasistatyczna siła na kole $(Q_{qst})_{\lim} < 145$ kN,
- quasistatyczna siła prowadząca na łuku $(Y_{qst})_{\lim} < 60$ kN,
- pionowe i poprzeczne maksymalne przyspieszenia nadwozia ze względu na spokojność biegu nie powinny przekraczać wartości $2,5 \text{ m/s}^2$,
- pionowe i poprzeczne przyspieszenia skuteczne na nadwoziach ze względu na spokojność biegu nie powinny przekraczać:
 - dla usprężynowania w stanie roboczym wartości $0,5 \text{ m/s}^2$ w kierunku poprzecznym i $0,75 \text{ m/s}^2$ w kierunku pionowym,
 - dla usprężynowania w stanie awaryjnym wartości $0,75 \text{ m/s}^2$ w kierunku poprzecznym i 1 m/s^2 w kierunku pionowym,
- quasistatyczne przyspieszenia poprzeczne na nadwoziu nie powinny przekraczać $1,5 \text{ m/s}^2$,
- poprzeczne przyspieszenia ramy wózków nad osiami zestawu kołowych ze względu na stabilność ruchu nie powinny przekraczać wartości połowy przyspieszenia skutecznego równego 12 m/s^2 .

Badania należy przeprowadzić zarówno na autobusie w stanie próżnym jak i załadowanym, z usprężynowaniem w stanie normalnej pracy jak i w stanie awaryjnym (najczęściej dla układów usprężynowania na sprężynach pneumatycznych).

Zaprezentowane wymagania stanowią podstawę do konstruowania układów biegowych każdego pojazdu szynowego, w tym autobusu szynowego, a ich spełnienie jest każdorazowo wymagane przez użytkownika pojazdu.

3. Przegląd konstrukcji układów biegowych autobusów krajowych

W naszym kraju istniały i z powodzeniem wytwarzały (najczęściej z materiałów, układów i urządzeń krajowych) autobusy szynowe dwa zakłady – Kolejowe Zakłady Maszyn (dawniejsze Kolejowe Zakłady Maszyn i Sprzętu Drogowego) Kolzame Racibórz oraz Zakłady Naprawcze Taboru Kolejowego w Poznaniu.

Pierwszy z nich już w końcu lat 80-tych skonstruował i wytworzył pojazd szynowy przeznaczony do przewozu brygad roboczych zwany „Mikrobusem Szynowym” (oznaczenie WOA-22, następnie WOA-29 a później MS-29) [7]. W następnych latach (1988+1989) bazując na wcześniejszych doświadczeniach z mikrobusem stworzono dwuczłonowy autobus szynowy o oznaczeniu SPA-66 (SN 81).

Pojazd ten wykonany był w pięciu egzemplarzach, z tego jeden na tor szeroki. Autobusy te były, ze względu na swoje mankamenty, modernizowane w latach 1993-95 w Kolzanie i przez Zakłady Naprawcze Taboru Kolejowego - Mińsk Mazowiecki [7].

W latach 1995+1996 opracowany został przez grupę konstruktorów Kolzamu oraz Ośrodka Badawczo – Rozwojowego Pojazdów Szynowych (obecnie Instytut Pojazdów Szynowych „Tabor”) w Poznaniu autobus szynowy typu **208M** (SA 104 – SA 122), którego układ biegowy oparty był o wcześniej sprawdzone wózki jednoosiowe typu 6MN i 18AN.

Obecnie zostaje wdrożony do eksploatacji najnowsze „dziecko” Kolzamu i IPS „Tabor” – autobus szynowy jednoznaczonowy trzeciej generacji typu **211M** oparty na układzie biegowym – wózkach jednoosiowych uniwersalnych, stworzonych właśnie dla takich lekkich pojazdów szynowych. Już niedługo, bo w drugiej połowie 2003 roku wejdą do eksploatacji autobusy dwuczłonowe typu **212M**, w których wykorzystano ten sam typ wózków, zamówione przez marszałków województw: zachodniopomorskiego, małopolskiego, podkarpackiego i śląskiego.

W drugim zakładzie tj. ZNTK Poznań na początku lat dziewięćdziesiątych wyprodukowano autobus dwuczłonowy typu **207M**, a następnie trójczłonowy SA 102A - SA 111 - SA 102B. Oba autobusy posiadały wózki napędne typu 6MN i toczne 18AN. Na początku XXI wieku w ZNTK Poznań powstał nowoczesny jednoznaczonowy autobus typu **213M** (seria kolejowa SA 105), którego pudło zostało oparte na jednoosiowych wózkach z usprężynowaniem pneumatycznym. Dotychczas wyprodukowano dwa autobusy, które świadczą swoje usługi przewozowe na trasie Grodzisk Wlkp – Poznań – Wągrowiec. Następne będą wyprodukowane na zamówienie zarządów marszałkowskich województwa wielkopolskiego i lubuskiego.

W końcu XX i na początku XXI wieku do grona wyżej wymienionych dwóch producentów doszła Pesa – Bydgoszcz

(dawniejsze Zakłady Naprawcze Taboru Kolejowego w Bydgoszczy). W oparciu o własną kadrę konstrukcyjną, wykorzystując szeroko zakrojoną współpracę z firmami zachodnimi, skonstruowano i wyprodukowano w Bydgoszczy autobus szynowy jednoznaczonowy typu **214M** (SA 106), w którym nadwozie oparte jest na wózkach dwuosiowych - tocznym i napędnym [8]. W dalszej części przedstawiono opisy tych krajowych układów biegowych, które z powodzeniem są już eksploatowane.

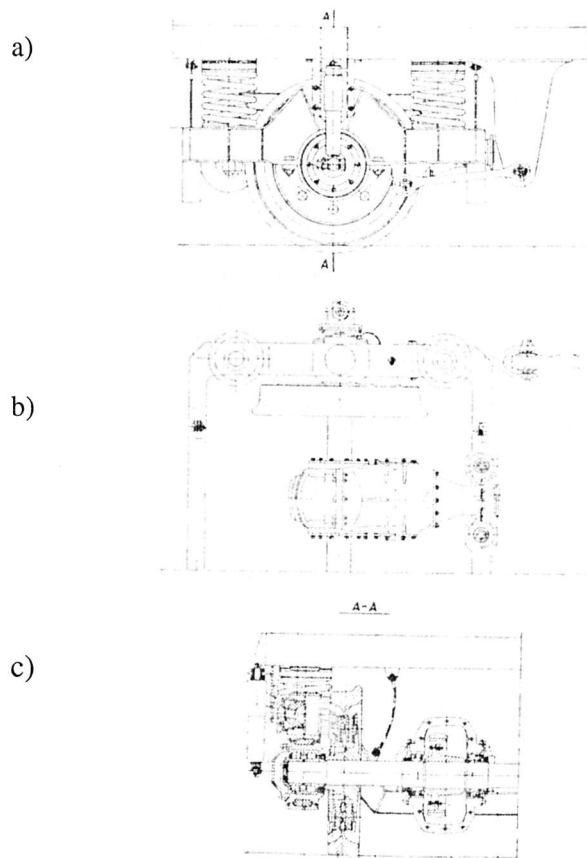
3.1. Układ biegowy autobusu SPA-66 (SN 81)

Układ biegowy jednego członu autobusu SPA-66 składa się z dwóch wózków jednoosiowych: napędnego i tocznego. Wcześniej wózki te były zastosowane w mikrobusie szynowym WOA-22.

Rama wózka składa się z ostojnic i poprzecznic, które opierają się ostojnicami na korpusach łożysk osiowych za pośrednictwem pierścienia gumowego [11]. Poprzecznice łączące ostojnice są w środkowej części obniżone w celu umożliwienia zabudowy elementów przenoszących napęd (dla wózka napędnego). Ostożnice ramy są ukształtowane w ten sposób, że ich końce są symetrycznie obniżone w stosunku do części środkowych obejmujących korpusy łożysk osiowych.

Pomiędzy ostojnicami a nadwoziem umieszczone są symetrycznie, po obu stronach zestawu kołowego, zespoły śrubowych sprężyn nośnych. Od dołu do ostojnic przyspawane są wsporniki usytuowane odpowiednio do wsporników nadwozia.

Wsporniki połączone są ze sobą za pomocą dwóch przewodników równoległych do osi podłużnej wózka, zaopatrzonych w przeguby gumowo – metalowe. Ostożnice, zespoły sprężyn oraz prowadniki leżą w jednej pionowej płaszczyźnie przechodzącej przez środki łożysk osiowych. Ponadto prowadniki leżą w pobliżu płaszczyzny poziomej przechodzącej przez oś zestawu kołowego. Na osi zestawu kołowego jest zabudowana na wózku napędnym przekładnia główna, przenosząca napęd z silnika spalinowego na zestaw kołowy. Występujące podczas jazdy wzajemne przesuwu poprzeczne wózka i nadwozia są ograniczone za pomocą stałych odbijaków umocowanych na wspornikach połączonych z nadwoziem i współpracujących z nimi progresywnych odbijaków mocowanych na zewnętrznych ścianach ostojnic w poprzecznej osi symetrii ramy wózka. Progresywny odbijak składa się z tulei, wewnątrz której osadzony jest gumowy element. W celu tłumienia drgań pionowych zastosowano hydrauliczne tłumiki zabudowane pomiędzy korpusami łożysk osiowych a nadwoziem. Dla polepszenia charakterystyki biegowej wózka zastosowano ponadto elastyczne koła [12]. Widok ogólny opisanego wózka przedstawiono na rys. 1.



Rys. 1 Wózek jednoosiowy autobusu SPA-66
a – widok z boku, b – półwidok wózka z góry, c – półprzekrój poprzeczny wózka.

3.2. Układ biegowy autobusów 207M (SA 102A - SA 111 - SA 102B oraz SA 101 - SA 121) i 208M (SA 104 - SA 122)

W autobusach typu 207M zastosowane zostały jednoosiowe wózki napędne typu 6MN oraz toczne typu 18AN, przy czym człon napędny autobusu jest oparty na wózku tocznym i napędnym, a człon doczepny na dwóch wózkach tocznych [3, 10].

Każdy wózek składa się z ramy zbudowanej z ostojnic (wraz z prowadnicami widłowymi prowadzenia zestawu kołowego oraz gniazdami usprężynowania I stopnia), poprzecznicy (wraz z wspornikami wieszaków oparcia nadwozia) oraz podłużnic, na których zawieszono mechanizmy zaciskowe hamulców tarczowych. Usprężynowanie I stopnia tworzą cztery stalowe sprężyny śrubowe osadzone w gniazdach korpusów łożysk osiowych i gniazdach ramy wózka.

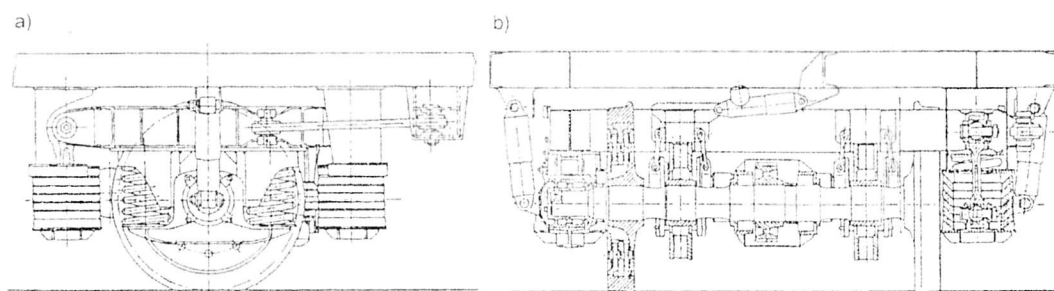
Usprężynowanie II stopnia stanowią cztery komplety stożkowych bloków gumowo – metalowych spoczywających na dolnych oparciach zawieszonych na wieszakach (z łbami wyposażonymi w sferyczne elastyczne przeguby metalowo – gumowe) na ramie wózka.

Do tłumienia drgań pionowych i poziomych zastosowano tłumiki hydrauliczne oraz dodatkowo wykorzystano tłumienie elementów gumowo – metalowych zawieszenia [6, 13].

Prowadzenie wózka względem pudła realizują dwa poziome prowadniki umieszczone po obu bokach wózka.

Wózek napędny 6MN jest wyposażony w dwustopniową przekładnię główną oraz układ piasecznic.

Widok ogólny wózka napędnego, którego prędkość konstrukcyjna wynosi 120 km/h, przedstawiono na rys. 2.



Rys. 2 Jednoosiowy wózek napędny typu 6MN
a – widok z boku, b – przekrój poprzeczny przez układ zawieszenia i zestaw kołowy.

W autobusie typu 208M zastosowano podobne wózki: toczny 18AN i napędny 6MN z niewielkimi przeróbkami w prowadzeniu zestawów kołowych w ramie wózka za pośrednictwem poziomych prowadników włączających usprężynowanie drugiego stopnia do tłumienia drgań poziomych. Zapewnia to zwiększoną sztywność prowadzenia poziomego zestawu kołowego w ramie wózka, a w efekcie podniesienie komfortu podróży [9, 16].

3.3. Układ biegowy autobusu 213M (SA 105)

Autobus szynowy 213M oparty jest na dwóch wózkach jednoosiowych: napędnym typu 19MN oraz tocznym typu 32AN. Oba wózki są w zasadzie identyczne. Różnica zasadnicza to brak w wózku tocznym przekładni osiowej.

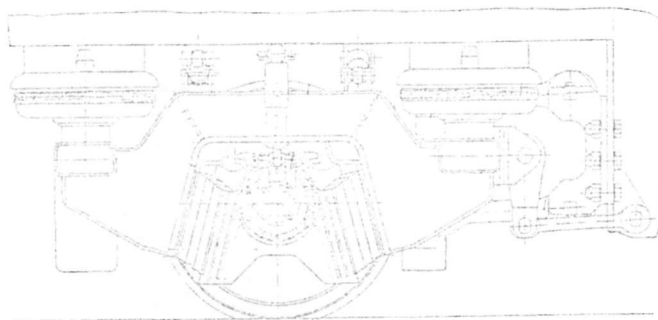
Wózek składa się z ramy podpartej przez usprężynowanie przyosiowe (daszkowe sprężyny gumowo – metalowe) na korpusach łożysk osiowych zestawu kołowego z osadzonymi na nim tarczami hamulcowymi i przekładnią osiową. Ramę tworzą dwie ostojnice i dwie czołownice (odbijakowa i zabierakowa). Na końcach ostojnic zabudowane są siedziska, w których są osadzone sprężyny pneumatyczne. Na głównych powierzchniach ostojnic zamocowano wsporniki tłumików poziomych, a na czołownicy zabierakowej wsporniki hamulca z zamontowanymi mechanizmami zaciskowymi, zin-

tegowany wspornik zabierakowy z prowadnikami wzdłużnymi i ramieniem reakcyjnym oraz wsporniki centrujące ze stabilizatorem. Prowadniki wzdłużne osadzone są w dwuramiennym zabieraku. Na czołownicy odbijakowej są zabudowane odbijaki poziome współpracujące z ogranicznikami przemieszczeń poprzecznych nadwozia.

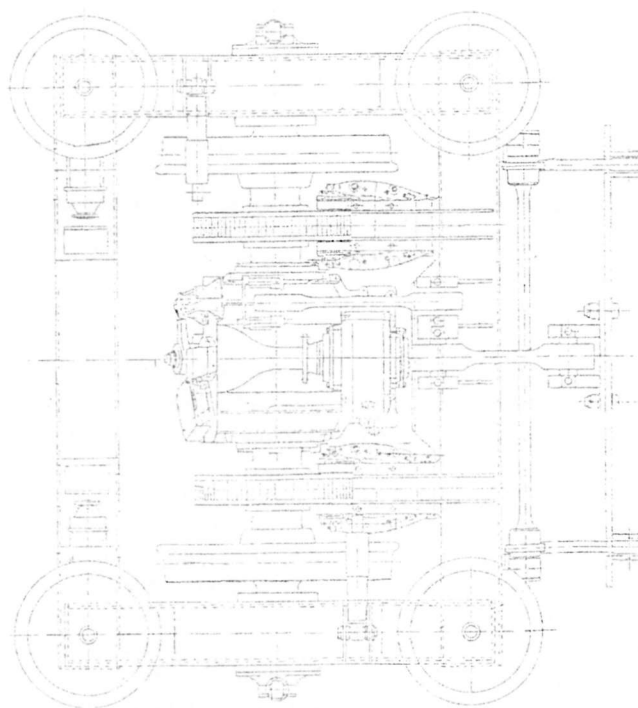
Pomiędzy korpusami łożysk osiowych i nadwoziem jest zamocowany pionowy tłumik drgań. Przestrzeń utworzona przez ścianki ostojnic skrzynkowych wykorzystana jest jako dodatkowe zbiorniki pneumatyczne poprawiające charakterystykę ugięciową usprężynowania pneumatycznego, stabilizację oparcia nadwozia oraz zmniejszające zakres pracy ugięciowej przegubów prowadników wzdłużnych łączących ramę wózka z nadwoziem.

Zabudowany na ramie wózka stabilizator kołysania ma odpowiednio dobraną charakterystykę, dzięki czemu pozwala na realizację czynnego momentu oporowego wózka względem nadwozia. Ponadto centruje on wózek w położeniu środkowym oraz współpracuje z prowadnikami wzdłużnymi, umożliwiając tym samym radialne ustawienie się wózka w łukach torowych [14]. Widok ogólny wózka przedstawiono na rys. 3.

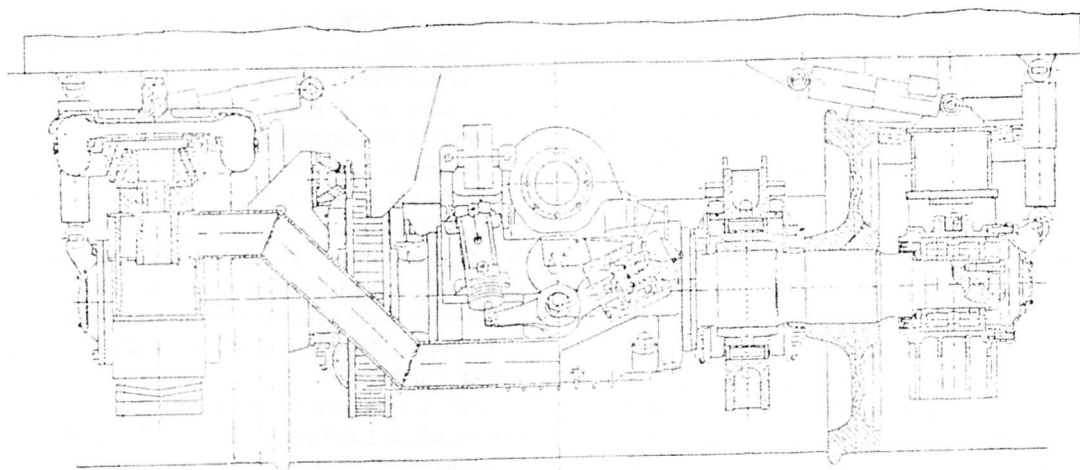
a)



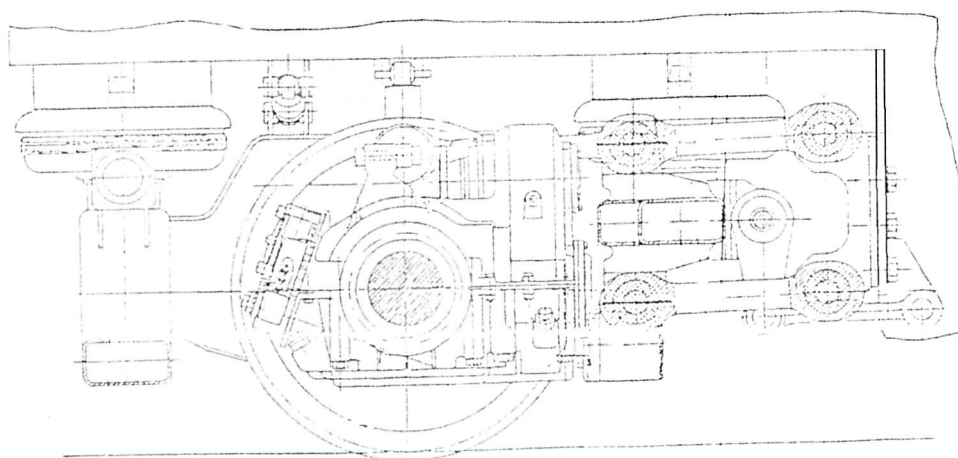
b)



c)



d)



Rys. 3 Wózek jednoosiowy napędny typu 19 MN do autobusu szynowego 213M
a – widok z boku, b – widok z góry, c – półprzekrój przez łożyskowanie zestawu kołowego,
d – przekrój wzdłużny przechodzący przez część środkową wózka

3.4. Układ biegowy autobusu 214M (SA 106)

Układ biegowy autobusu typu 214M tworzą dwa wózki dwuosiowe, z których jeden jest wózkiem tocznym, a drugi napędny [8].

Rama wózka jest konstrukcją skrzynkową spawaną, składającą się z podłużnic i poprzecznic. Z podłużnicami zintegrowane są podpory i mieszki pneumatyczne.

Usprężynowanie I stopnia tworzą ukośne bloki gumowo – metalowe, przejmujące prowadzenie zestawów kołowych zarówno w kierunku wzdłużnym jak i poprzecznym. Oparcie nadwozia autobusu na wózku realizują elementy ślizgowe oraz belka bujakowa i czop skrótu w łożysku z panwią gumową.

Belka bujakowa opiera się za pośrednictwem dwóch mieszków pneumatycznych na podłużnicach wózka i zamocowana jest wzdłużnie w ramie wózka za pośrednictwem podłużnych wahaczy łożyskowych w tulejach metalowo – gumowych. Pośrednie umieszczenie belki bujakowej pozwoliło na użycie prostych mieszków pneumatycznych i uzyskanie, dzięki indywidualnemu sterowaniu mieszków, podparcia czteropunktowego. Równoległe do każdego mieszka zabudowany został tłumik hydrauliczny.

Usprężynowanie poprzeczne wózka ograniczone jest odbijakami gumowymi, a tłumienie ruchów poprzecznych zapewnia jeden tłumik hydrauliczny.

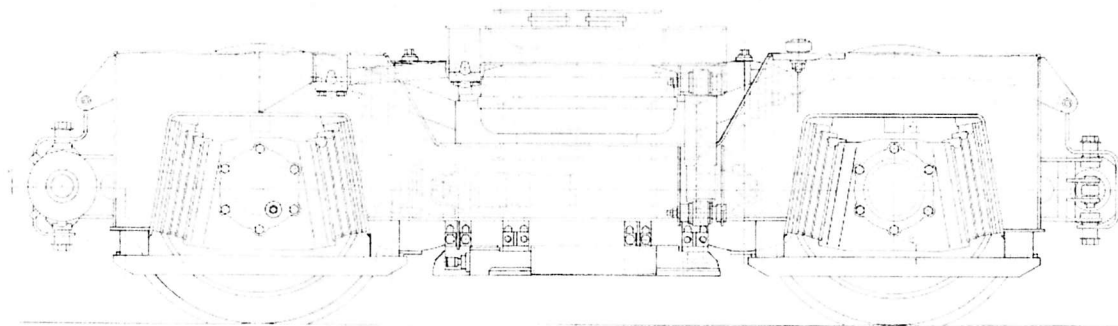
Wózki posiadają typowe zestawy kołowe o średnicy 840 mm z osiami, których czopy łożyskowane są w obudowach łożyskami walcowymi dwurzędowymi. Na osiach zabudowane są dwie jednoczęściowe tarcze hamulcowe. Hamulec postojowy jest typu sprężynowego.

Na wózku napędnym zabudowana jest przekładnia osiowa Voith-a z drążkiem reakcyjnym z elementami gumowo –

metalowymi. W wózku stosowane są dwa typy przekładni osiowej – odboczkowa SK 456 i kątowna KE 456.

Oba zestawy kołowe wózka napędzone są napędzane. Do smarowania obrzeży kół przewidziano urządzenie smarujące firmy REBS.

Widok boczny wózka zabudowanego pod autobusem prezentuje rys. 4.



Rys. 4 Widok wózka dwuosiowego jednoczłonowego autobusu szynowego 214M

3.5. Układ biegowy autobusu 211M (SA 107)

W autobusie jednoczłonowym typu 211M (SA 107) zastosowano wózek napędny 18MNB oraz toczny 31ANB. Konstrukcja wózków powstała w oparciu o wózek jednoosiowy typu 16MN, zastosowany w lekkiej lokomotywie spalinowej typu 418Da wyprodukowanej przez KZM „Kolzam” Racibórz dla Metra Warszawskiego [1, 15].

Oba wózki tj. 18MNB i 31ANB są konstrukcyjnie zbliżone do siebie. Różnice występują w zabudowie na wózku napędnym piasecznic, przekładni osiowej oraz układu smarowania obrzeży kół. Rama wózka jest konstrukcją skrzynkową spawaną, składającą się z dwóch podłużnic wygiętych w części środkowej oraz jednej poprzecznicy. Na podłużnicach zabudowane zostały wsporniki tłumików wzdłużnych oraz wsporniki przeniesienia sił pociągowo – hamujących a na czołownicy wsporniki układu hamulca, tłumika poziomego oraz wsporniki zawieszenia przekładni (dla wózka napędzonego 18MNB).

Usprężynowanie I stopnia oraz prowadzenia zestawów kołowych w kierunku wzdłużnym i poprzecznym tworzą daszkowe sprężyny gumowo – metalowe typu „Megi”, natomiast oparcie nadwozia na wózkach stanowią cztery sprężyny śrubowe obejmujące wszystkie przemieszczenia pionowe i

poziome nadwozia względem wózka realizując tzw. zasadę „flexicoil”. Nadmierne przemieszczenia nadwozia względem pudła ograniczają gumowe odbijaki pionowe i poprzeczne.

Do tłumienia drgań zastosowano na każdym wózku trzy tłumiki hydrauliczne: dwa pionowe i jeden poziomy.

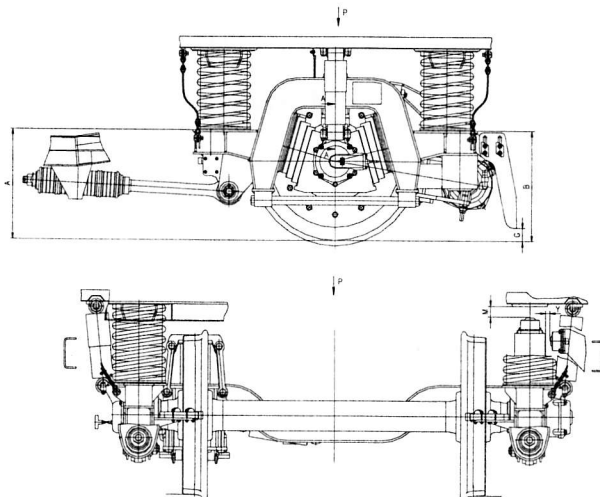
Zestaw kołowy zbudowany jest z dwóch monoblokowych kół, pierścieni hamulcowych (na jednym kole) i osi. Maźnica osadzona jest na czopach osi za pośrednictwem łożysk wałeczkowych.

Wózek prowadzony jest wzdłużnie za pomocą prowadników poziomych, wyposażonych w przeguby metalowo – gumowe pozwalające na przemieszczanie nadwozia względem wózków w ramach przewidzianych luzów konstrukcyjnych.

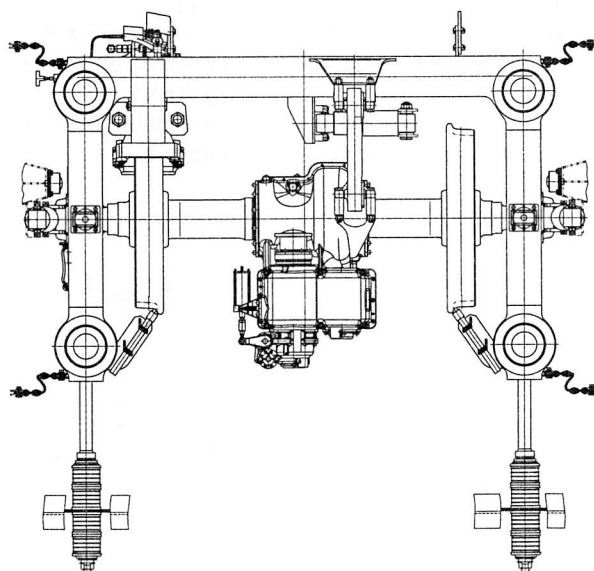
Wózki napędne wyposażone są dodatkowo w piasecznice z typowymi podajnikami piasku oraz przekładnią osiową – zębatą dwustopniową, z jednym stopniem o kołach zębatych łukowych oraz mechanizmem zmiany kierunku obrotów (nawrotnicę). Dla zmniejszenia zużycia obrzeży kół na wózkach zabudowano układ smarowania obrzeży z zastosowaniem smaru suchego.

Ogólny widok wózka prezentuje rys. 5.

a)



b)



Rys. 5 Wózek toczny 31ANb i napędny 18MNb autobusu 211M
a - widok boczny, b - widok z góry

Ten sam rodzaj wózków przewidziany jest do zastosowania w autobusach dwu- i trójczłonowych [4].

4. Podsumowanie

Wśród możliwych rozwiązań konstrukcyjnych układów biegowych w ich krajowych rozwiązaniach przeważają układy oparte o wózki jednoosiowe, a więc takie, które były stosowane w pierwszych konstrukcjach mikrobusów szynowych oraz krótkich seriach autobusów szynowych produkowanych przez Kolejowe Zakłady Maszyn „Kolzam” z Raciborza i Poznańskie Zakłady Naprawcze Taboru Kolejowego. Tylko jedna konstrukcja autobusu oparta została o wózek dwuosiowy – autobus typu 214M (SA 106), w którym układ biegowy przyjęto z autobusów szynowych rozwijanych i eksploatowanych w Austrii.

Biorąc pod uwagę, że większość autobusów szynowych projektowanych, produkowanych oraz będących już w eksploatacji jest przeznaczona do obsługi lokalnego ruchu pasażerskiego na liniach drugorzędnych z prędkościami do 100 km/h należy przyjąć, że najbardziej optymalnym układem biegowym będzie układ oparty o wózek jednoosiowy dla linii krętych z przewagą łuków o promieniach powyżej 300 m oraz układ oparty o wózek dwuosiowy dla linii krętych z przewagą łuków o promieniach poniżej 300 m. Oba typy układów biegowych zapewniają w równym stopniu dobre własności biegu również na torach prostych. Autobus z wózkami jednoosiowymi powinien mieć bazę nie przekraczającą 8 m (najlepiej 5,5÷8 m) oraz posiadać usprężynowanie II stopnia (oparcie nadwozia na wózkach) o małych sztywnościach pionowych i poprzecznych.

Dla autobusu opartego o układ biegowy bazujący na wózkach dwuosiowych wymagana byłaby baza (rozstaw czopów skrzętu) w przedziale 18÷20 m (dla autobusu) i 1,5÷1,8 m (dla wózka). Podobnie jak dla wózków jednoosio-

wych zalecana byłaby mała sztywność pionowa i poprzeczna oparcia pudła na wózkach z całkowitą strzałką ugięcia pionowego w granicach 150÷250 mm. Szczegółowe wartości parametrów układów biegowych w zakresie sztywności usprężynowania I stopnia i prowadzenia zestawów kołowych w ramie wózka oraz współczynników tłumienia w pionie i poziomie dla I i II stopnia usprężynowania będą określone w oddzielnym artykule.

Nie precyzuje się tutaj szczegółowych rozwiązań konstrukcyjnych układu biegowego, tak w zakresie układu oparcia, usprężynowania i prowadzenia jak i kształtu i wymiarów konstrukcyjnych. Ze względu na fakt, że w krajowych autobusach spotykane są układy z usprężynowaniem pneumatycznym jak i za pośrednictwem sprężyn śrubowych, o wyborze układu i jego przewadze nad innymi decydować powinny wyniki badań ruchowych i eksploatacyjnych jak również koszty wykonania (prostota konstrukcji), koszty eksploatacji oraz podatność obsługowo – naprawcza. Należy mieć nadzieję, że już w niedalekiej przyszłości dokonana zostanie rzetelna ocena układów biegowych zastosowanych w autobusach 211M, 213M i 214M, które obecnie są w eksploatacji na torach Polskich Linii Kolejowych.

Literatura

- [1] Bula Z., Marciniak Z., Pawlak Zdz., Sienicki A.: *Konstrukcja uniwersalnego jednoosiowego wózka dla pojazdów szynowych. Materiały XIV Konferencji Naukowej „Pojazdy Szynowe 2000”* Kraków – Arłamów, 2000 r.
- [2] Gąsowski W., Marciniak Z.: *Konstrukcje oraz modele wózków i układów zawieszonych wagonów i lokomotyw przeznaczonych do jazdy z dużymi prędkościami*. Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej 1993 r.

- [3] Gąsowski W., Marciniak Z.: Kryteria oceny dynamiki pojazdów szynowych dużej prędkości. *Pojazdy Szynowe*. 1999, nr 3.
- [4] Marciniak Z.: Modułowa konstrukcja wielocłonowych autobusów szynowych do ruchu regionalnego. *Pojazdy Szynowe*. 2003, nr 2.
- [5] Marciniak Z., Sobaś J., Sienicki A., Wierzejewski T., Kaczmarek E.: Wymagania stawiane układom napędowym i biegowym autobusów szynowych w świetle przepisów krajowych i międzynarodowych. Projekt badawczy KBN nr 9T12C04919. Praca niepublikowana IPS „Tabor” Poznań 2001 r.
- [6] Szymkowiak G.: Opis autobusów szynowych typu SA 101/ SA 121, SA 102A/ SA 111/ SA 102B oraz propozycje autobusów szynowych Regio Tramp I i Regio Tramp II. Projekt badawczy KBN nr 9T12C04919. Praca niepublikowana IPS „Tabor” Poznań 2000 r.
- [7] Terczyński P.: Autobusy szynowe PKP. *Świat Kolei* 1998 nr 6.
- [8] Autobus szynowy do obsługi przewozów regionalnych i aglomeracyjnych. *Technika Transportu Szynowego*. 2001, nr 10.
- [9] Jednoosiowy wózek pojazdu szynowego. Wzór użytkowy 58508, 2001 r.
- [10] Podwozie autobusu szynowego. Wzór użytkowy 52399, 1994 r.
- [11] Rama jednoosiowego wózka. Patent 157958, 1988 r.
- [12] Wózek jednoosiowy do pojazdu szynowego. Patent 124069, 1984 r.
- [13] Wózek jednoosiowy do pojazdu szynowego. Patent 142433, 1988 r.
- [14] Wózek jednoosiowy do pojazdu szynowego. *Biuletyn Urzędu Patentowego* nr 3, 2002 r.
- [15] Wózek jednoosiowy pojazdu szynowego. *Biuletyn Urzędu Patentowego* nr 2, 2002 r.
- [16] Wózek jednoosiowy pojazdu szynowego. Wzór użytkowy 58454, 2001 r.
- [17] Bezpieczeństwo przed wykolejeniem wagonów towarowych na torze zwichrowanym – warunki przejeżdżania przez wichrowaty tor – ORE B55 Rp8.
- [18] Badania i homologacja pojazdów kolejowych z punktu widzenia własności dynamicznych, bezpieczeństwa jazdy, obciążenia toru i parametrów biegowych – Karta UIC 518.