

**Tomasz ANTKOWIAK, Radosław MIKLASZ**  
Instytut Pojazdów Szynowych „TABOR”, Poznań

## **UKŁADY BIEGOWE TRAMWAJU TYPU 118N PRODUKCJI KRAJOWEJ**

### **Słowa kluczowe**

Tramwaj, układy biegowe, wózek napędny, wózek toczny.

### **Streszczenie**

W pracy przedstawiono nowoczesne konstrukcje układów biegowych pojazdów tramwajowych na przykładzie konstrukcji wózków tramwaju typu 118N produkcji krajowej. Przedstawiono wykaz eksploatowanych pojazdów tramwajowych w wybranych miastach Polski. Zaprezentowano główne parametry tramwaju typu 118N oraz porównano je z parametrami tramwajów produkcji zagranicznej. Ponadto omówiono konstrukcję układów biegowych pojazdu tramwajowego typu 118N z podziałem na wózek napędny i toczny oraz porównano kilka cech konstrukcyjnych wózka w odniesieniu do wybranych parametrów.

### **Wprowadzenie**

W dzisiejszych czasach obserwuje się znaczny wzrost zainteresowania transportem tramwajowym jako głównym środkiem transportu w wielkich miastach. Optymalne systemy tramwajowe to takie, które charakteryzują się dużym obciążeniem, wpływają w sposób znaczący na ograniczenie udziału samochodów w ruchu miejskim oraz funkcjonują na zasadzie regulacji prawnych ograniczających ruch samochodowy na rzecz transportu tramwajowego. W konkurencji o możliwą do wykorzystania przestrzeń miasta polityka transportowa musi

promować środki transportu publicznego, a ograniczać ruch samochodowy. Jeżeli odciążą się centra miast od ruchu samochodowego, wówczas zastąpić je może transport tramwajowy.

Patrząc z perspektywy na dzieje rozwoju tramwaju można zauważyć, że poprzednie konstrukcje pojazdu tramwajowego charakteryzowały się:

- brakiem niskiej podłogi,
- niedostateczną widocznością z wnętrza pojazdu,
- wąskimi wzdłużnymi przejściami pomiędzy rzędami miejsc siedzących,
- złym systemem poręczy,
- złym komfortem cieplnym.

Aby sprostać zapotrzebowaniu na tramwaj o bardzo dobrych parametrach technicznych, będący jednocześnie tramwajem wygodnym w użytkowaniu dla pasażerów, rozpoczęto proces rozwoju taboru tramwajowego.

Nowoczesne konstrukcje pojazdów tramwajowych powinny spełniać wszelkie wymogi, jakie pojazdom komunikacji publicznej stawiają współczesne regulacje prawne w szczególności:

- Prawo o Ruchu Drogowym (DzU nr 98 poz. 602–1997) [4];
- Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 22 grudnia 2003 r. W sprawie warunków technicznych tramwajów i trolejbusów oraz zakresu ich niezbędnego wyposażenia (DzU nr 230, poz. 2301–2003 r.) [5];
- Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 30 grudnia 2003 r. W sprawie homologacji tramwajów i trolejbusów (DzU nr 231, poz. 2317–2003 r.) [6];
- Norma PN-K92008:1998. Komunikacja Miejska. Skrajnia kinematyczna wagonów tramwajowych [7].

W zamyśle konstruktorów pojazdu nowoczesny tramwaj powinien sprostać oczekiwaniom odnoszącym się przede wszystkim do jakości usług przewozowych, ale także powinien przynosić nową jakość w dziedzinie eksploatacji i utrzymania. Oczekiwania te można scharakteryzować następująco:

- wysoki poziom komfortu i bezpieczeństwa podróżowania,
- dogodne warunki podróżowania osób niepełnosprawnych,
- korzystne osiągi techniczne,
- niskie zużycie eksploatacyjne części,
- niskie zanieczyszczenie środowiska,
- akceptowalne koszty eksploatacji i utrzymania stanu technicznego.

Podczas projektowania pojazdu tramwajowego należy określić założenia wyjściowe dotyczące:

- warunków środowiskowych,
- warunków technicznych wynikających z budowy torowisk,
- stanu utrzymania torowisk,
- warunków technicznych wynikających z systemu zasilania.

Tendencje rozwojowe w budowie taboru tramwajowego wiążą się również ze zmianą konstrukcji układów biegowych pojazdów tramwajowych. Współcze-

sne konstrukcje wózków pojazdów tramwajowych są zdeterminowane przez specyfikę pojazdu tramwajowego, dla którego są projektowane.

## 1. Przegląd taboru tramwajowego eksploatowanego w Polsce

Typy tramwajów oraz ilość, jaka jest eksploatowana w wybranych polskich miastach przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Zestawienie typów tramwajów eksploatowanych w wybranych miastach Polski [1]

Lp.	MIASTO	TYP TRAMWAJU
1	Poznań	Konstal 15Na, Konstal 150N/2, Moderus Alfa (zmodernizowany 105), Beijnes 3G, Düwag GT6, Düwag GT8, Tatra RT6N1, Siemens Combino, FPS-HCP 118N(PUMA)
2	Bydgoszcz	Konstal NW, Konstal 805Na, Konstal 805Nm, Pesa 122N
3	Szczecin	Düwag GT6, Konstal 105N, Konstal 105Na, Konstal 105Ng/S, Konstal 105N2K/S, Tatra KT4Dtm, Tatra T6A2D
4	Toruń	805Na
5	Warszawa	Konstal 13N, Konstal 105N, Konstal 105Na, Konstal105 Nb, Konstal 105 Nbe, Konstal 105 Ne, Konstal 105Nf, Konstal 105Ng, Konstal 105 Nm, Konstal 105NT, Konstal 105Nz, Konstal 105 NMod, Konstal 112N, Konstal 116N, HCP-FPS 123N, Pesa 120N
6	Śląsk	Konstal N, Konstal 105N, Konstal 105Na, Konstal 105NT, Konstal 105N-2K, Konstal 111N, Konstal 116Nd
7	Kraków	Konstal 105N, Konstal 105Na, Konstal 105Nb, Konstal 105ND, Düwag E1, Düwag E6, Düwag C3, MAN GT6, MAN-Düwag B4, MAN-Düwag N8S-NF, Düwag N8S, BOMBARDIER NGT6, BOMBARDIER NGT6/2, BOMBARDIER NGT6/2-seria 3
8	Łódź	Konstal 105NW, Düwag GT6, Düwag GT8, BOMBARDIER Cityrunner, Pesa 122N
9	Elbląg	PESA 121N, Konstal 5N, Konstal 805Na, Düwag GT6

Jak wynika z tabeli 1, obecnie eksploatowane tramwaje można podzielić na trzy grupy:

- pierwszą grupę stanowią tramwaje typu 105N, które zostały zaprojektowane i wyprodukowane w Konstal Chorzów (obecnie Alstom). Masowa produkcja tego typu tramwaju pozwoliła na stopniowe wycofywanie dwuosioowych tramwajów na resorach piórowych;
- drugą grupę tramwajów stanowią pojazdy, które były wyprodukowane przed więcej niż 30 laty. Ta grupa obejmuje tramwaje przeważnie przegubowe sześć- i ośmioosiowe, przejęte od użytkowników niemieckich, holenderskich i austriackich;
- trzecią grupę tramwajów stanowią nowoczesne pojazdy niskopodłogowe, wyprodukowane przez producentów takich jak: ALSTOM, BOMBARDIER Transportation, SIEMENS Transportation Systems, PESA Bydgoszcz, FPS – H. Cegielski Poznań.

## 2. Konstrukcja układów biegowych tramwaju typu 118N produkcji krajowej

### 2.1. Podstawowe dane techniczne tramwaju 118N

Tramwaj 118N przedstawiono na rys. 1, natomiast jego podstawowe dane techniczne przedstawiono w tabeli 2.



Rys. 1. Tramwaj 118N (Fot. W. Grześkowiak)

Tabela 2. Podstawowe dane techniczne tramwaju 118N

Producent	H.Cegielski – Fabryka Pojazdów Szynowych
Ilość członów [ - ]	3
Wózki napędne [ - ]	2
Wózki toczne [ - ]	2
Układ osi [ - ]	Bo'2'2'Bo'
Szerokość toru [mm]	1435
Średnica kół (nowe/zużyte) [mm]	590/530
Typ silników [ - ]	asynchroniczne
Moc jednego silnika [kW]	95
Ilość silników [ - ]	4
Rodzaj rozruchu [ - ]	Impulsowy
System hamulcowy [ - ]	Knorr Bremse
Hamulce [ - ]	Elektrodynamiczny z rekuperacją energii, tarczowe, szynowe
Udział niskiej podłogi [%]	67
Masa [t]	40
Prędkość maksymalna [km/h]	70
Minimalny przejezdny promień łuku toru [m]	15
Długość tramwaju [m]	30,6
Wysokość podłogi nad główką szyny [mm]	
w wejściach	300
w przedsionkach	360
nad wózkami tocznymi	440
nad wózkiem napędnym	580
nad sprzęgami	800

W tabeli 3 przedstawiono porównanie podstawowych parametrów technicznych wybranych pojazdów tramwajowych.

Tabela 3. Zestawienie danych technicznych wybranych czterech pojazdów tramwajowych

Producent	FPS- H.Cegielski	ŠKODA	KONČAR	BOMARDIER
Typ tramwaju [ - ]	118N PUMA	ForCity	Crotram TMK 2200	GT8-08ER
Szerokość toru [mm]	1435	1435	1000	1435
Długość [mm]	30050	31400	32038	40550
Szerokość [mm]	2400	2350	2460	2300
Liczba drzwi [ - ]	3+2x1/2	6	6	5
Układ wózków [ - ]	Bo2'2'Bo	Bo2Bo	Bo'Bo'Bo'Bo	Bo'Bo'Bo'
Masa [t]	40	42	36	50,1
kg/m <sup>2</sup> *)	555	544	488	537
Moc ciągła [kW]	4x95	16x33,4	6x65	2x150
kW/t	9,5	12,7	10,8	11,97
Liczba miejsc siedzących [ - ]	80	61	41	84
Liczba miejsc stojących [ - ]	106	120	161	164

\*) współczynnik masy własnej tramwaju w stosunku do powierzchni użytkowej tramwaju

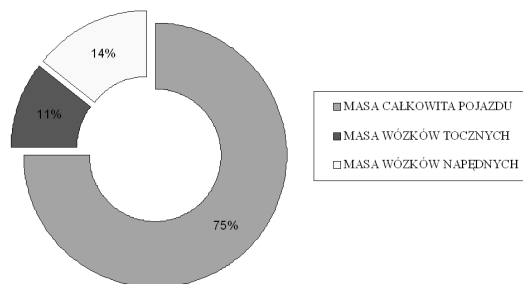
Należy pamiętać, że przy próbie porównania danych technicznych kilku pojazdów należy brać pod uwagę różne aspekty jego budowy, gdyż tylko w taki sposób można prawidłowo skonfrontować pojazdy ze sobą.

## 2.2. Konstrukcja układu napędowego tramwaju 118N

Układy biegowe trójczłonowego pojazdu tramwajowego typu 118N składają się z:

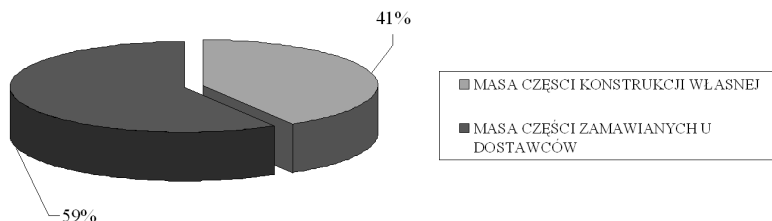
- dwóch wózków napędnych umieszczonych pod skrajnymi członami pojazdu,
- dwóch wózków tocznych umieszczonych pod członem środkowym.

Wózki toczne stanowią 11%, a wózki napędne 14% masy całkowitej pojazdu (rys.2).

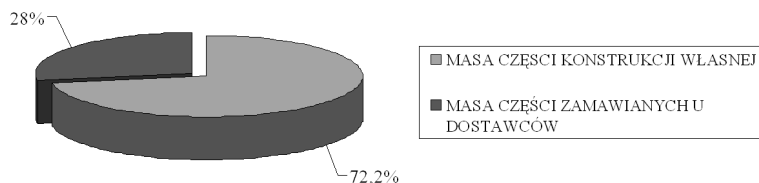


Rys. 2. Udział procentowy masy wózków napędnych i tocznych w masie całkowitej pojazdu

W konstrukcji układów biegowych użyto zespołów produkcji własnej oraz zespołów zamawianych od dostawców zewnętrznych. Na rys. 3 oraz 4 przedstawiono procentowy udział mas elementów konstrukcji własnej oraz elementów wykonanych i dostarczonych przez firmy zewnętrzne w masie całkowitej wózka (rys. 3 wózek napędny, rys. 4 wózek toczny).



Rys. 3. Procentowy udział masy zespołów konstrukcji własnej oraz zespołów zamawianych u dostawców w masie całkowitej wózka napędnego



Rys. 4. Procentowy udział masy zespołów konstrukcji własnej oraz zespołów zamawianych u dostawców w masie całkowitej wózka tocznego

Z rys. 3 i 4 wynika, że w przypadku wózka tocznego elementy konstrukcyjne wytwarzane przez firmy zewnętrzne mają większy wpływ na masę całkowitą wózka. Natomiast w przypadku wózka napędnego to konstruktor wpływa (w ok. 70%) na masę całkowitą wózka.

### 2.2.1. Wózek napędny 8NN [3]

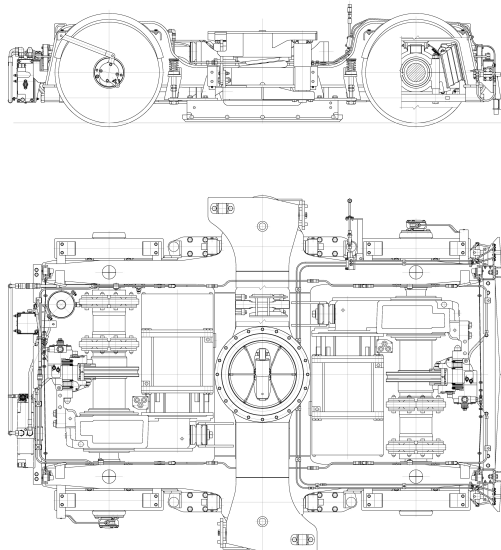
Wózek napędny pojazdu tramwajowego typu 118N został przedstawiony na rys. 5. Wózek ten jest przeznaczony do jazdy jednokierunkowej z prędkością  $\leq 70$  km/h o nacisku statycznym zestawu kołowego na tor, wynoszącym 79kN.

Wózek napędny dla członu przedniego i tylnego stanowi jednakową konstrukcję, z tym że wózek przedni posiada dodatkowo układ smarowania obrzeży kół i odgarniacz. Zakres temperatur eksploatacji wózka wynosi:  $-30^{\circ}\text{C} \div +60^{\circ}\text{C}$ .

Podstawowe cechy konstrukcyjne wózka to:

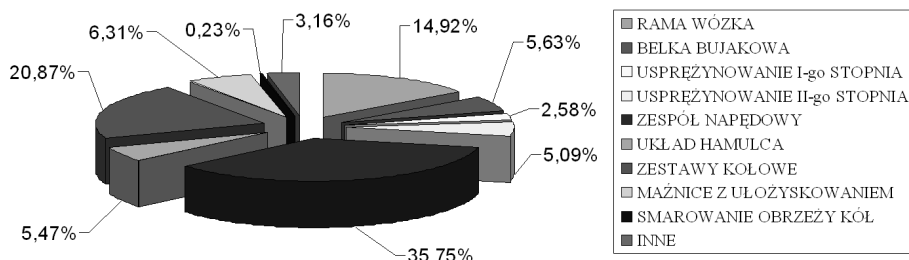
- prowadzenie maźnic i usprężynowanie I stopnia za pomocą sprężyn gumowo-metalowych (daszkowych),
- rama otwarta w kształcie litery H,
- belka nadwózkowa (bujakowa),

- połączenie nadwozia z belką nadwózkową poprzez łożysko wielkogabarytowe,
- usprężynowanie II stopnia (rama-belka nadwózkowa) za pomocą podwójnych sprężyn śrubowych z odbijakami gumowymi,
- wzdlużne za pomocą prowadników połączenie belki bujkowej z ramą wózka,
- zespół napędowy FLENDER typu ASZA 400,
- silnik elektryczny STDa 250-4a,
- tłumienie drgań:
  - w węźle I stopnia usprężynowania z wykorzystaniem dynamicznej pętli tłumienia daszkowych elementów gumowo-metalowych
  - w węźle II stopnia za pomocą dwóch pionowych tłumików hydraulicznych i jednego poziomego,
- elektrohydrauliczny układ hamulcowy z tarczą hamulcową na wale drążonym zespołu napędowego,
- elektromagnetyczny hamulec szynowy,
- dzielone maźnice zestawów kołowych,
- układ wieszaków zabezpieczających wózek przy podnoszeniu tramwaju,
- smarowanie obrzeży kół (na wózku przednim tramwaju),
- piasecznice (na wózku przednim).



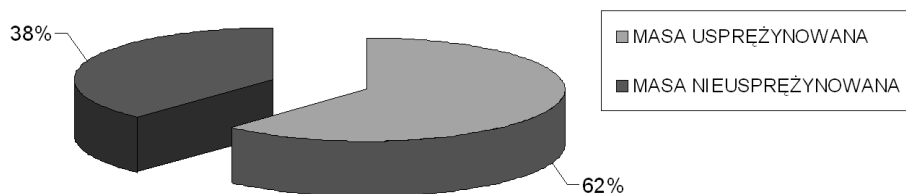
Rys. 5. Wózek napędny 8NN pojazdu tramwajowego typu 118N

Na rys. 6 przedstawiono procentowy udział mas poszczególnych zespołów konstrukcyjnych wózka napędowego 8NN w masie całkowitej wózka.



Rys. 6. Procentowy udział mas poszczególnych zespołów konstrukcyjnych wózka napędowego 8NN w masie całkowitej wózka

Rys. 7 przedstawia procentowy udział mas usprężynowanych i nieusprężynowanych elementów wózka w masie całkowitej wózka.



Rys. 7. Procentowy udział mas usprężynowanych i nieusprężynowanych zespołów konstrukcyjnych wózka w masie całkowitej wózka

### 2.2.2. Wózek toczny [3]

Wózek toczny pojazdu tramwajowego typu 118N został przedstawiony na rys. 8.

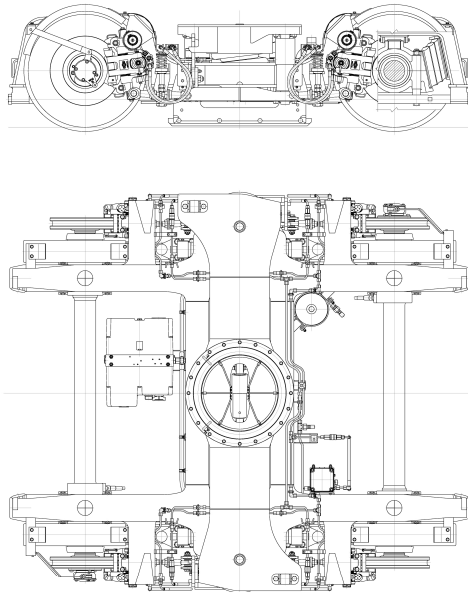
Wózek toczny typu 9NN jest przeznaczony do jazdy jednokierunkowej z prędkością  $\leq 70$  km/h o nacisku statycznym zestawu kołowego na tor, wynoszącym 79kN. Zakres temperatur pracy wózka wynosi:  $-30^{\circ}\text{C} \div +60^{\circ}\text{C}$

Podstawowe cechy konstrukcyjne wózka:

- prowadzenie maźnic i usprężynowanie I stopnia za pomocą sprężyn gumowo-metalowych (daszkowych),
- rama otwarta w kształcie litery H,
- belka nadwózkowa (bujakowa),
- połączenie nadwozia z belką nadwózkową poprzez łożysko wielkogabarytowe,
- usprężynowanie II stopnia za pomocą podwójnych sprężyn śrubowych z odbiżakami gumowymi,
- wzdużne za pomocą prowadników połączenie belki bujakowej z ramą wózka,
- tłumienie drgań:

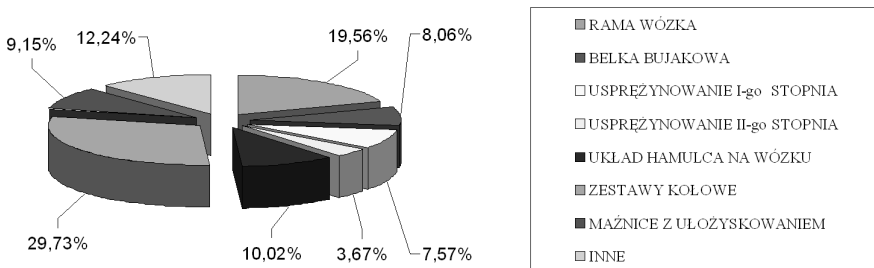


- w węźle I stopnia usprężynowania z wykorzystaniem daszkowych elementów gumowo-metalowych,
- w węźle II stopnia za pomocą dwóch pionowych tłumików hydraulicznych i jednego poziomego.
- elektrohydrauliczny układ hamulcowy z tarczami hamulcowymi na osi zestawu kołowego,
- elektromagnetyczny hamulec szynowy,
- dzielone maźnice zestawów kołowych,
- układ wieszaków zabezpieczających wózek przy podnoszeniu tramwaju.



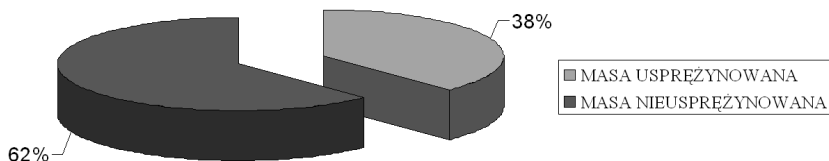
Rys. 8. Wózek toczny 9NN pojazdu tramwajowego typu 118N

Na rys. 9 przedstawiono procentowy udział mas poszczególnych zespołów konstrukcyjnych wózka napędzonego 8NN w masie całkowitej wózka.



Rys. 9. Procentowy udział mas poszczególnych zespołów konstrukcyjnych wózka tocznego 9NN w masie całkowitej wózka

Na rys. 10 przedstawiono procentowy udział mas usprężynowanych i nieusprężynowanych zespołów konstrukcyjnych wózka w masie całkowitej wózka.



Rys. 10. Procentowy udział mas usprężynowanych i nieusprężynowanych zespołów konstrukcyjnych wózka w masie całkowitej wózka

W pracy [2] przedstawiono analizy i przytoczono eksperymentalne badania, które potwierdzają, że do podstawowych czynników kształtujących dynamiczne oddziaływanie pojazdu na nawierzchnię kolejową należą:

- nieusprężynowana masa pojazdu,
- usprężynowana masa pojazdu,
- sztywność sprężynowania,
- własności tłumiące drgania,
- sztywność nawierzchni tramwajowej,
- dynamiczne nierówności toru.

Badania pozwoliły ustalić, że szczególnie istotny wpływ na wzrost dynamicznych oddziaływań pojazdu mają dynamiczne nierówności toru.

## Podsumowanie

W artykule przedstawiono porównania podstawowych parametrów technicznych produkowanych obecnie pojazdów tramwajowych. W nowo powstających konstrukcjach daje się zauważyć wzrost masy podzespołów zamawianych u poddostawców. Spowodowane jest to większą specjalizacją techniczną i technologiczną firm dostarczających poszczególne podzespoły na wyposażenie pojazdów. W wózkach tramwajowych zwiększa się udział materiałów o podwyższonej wytrzymałości oraz materiałów o większej odporności korozyjnej. Wprowadzenie zmian materiałowych ma na celu głównie dostosowanie obecnych wózków do zwiększających się wymagań eksploatacyjnych w zakresie zmniejszonej przestrzeni przeznaczonej na układ jezdny, która jest wykorzystywana na obniżenie wysokości podłogi a tym samym zwiększenie komfortu i szybkości wymiany pasażerów podczas postoju pojazdu na przystankach. Zauważalną jest również tendencja do zmniejszania wielkości mas nieusprężynowanych. Obecnie konstruowane wózki napędne mają całkowicie odsprężynowany układ napędu zestawu kołowego.

W zakresie ochrony środowiska wprowadzony powszechnie jest układ odzyskiwania energii podczas hamowania. W celu zmniejszenia hałasu wprowadza się wkładki tłumiące drgania w kołach zestawów kołowych. Dąży się do zwiększenia

szenia udziału materiałów podlegających recyklingowi. Przewody układu hamulcowego, w których wykorzystywana jest ciecz łączone są za pomocą złączek hermetycznych, które po rozłączeniu nie powodują wycieku cieczy.

### **Bibliografia**

1. Sobaś M.: Skrajnia kinematyczna i budowli pojazdów tramwajowych. Pojazdy Szynowe, 3/2007, 41–52.
2. J. Sysak – Praca zbiorowa: Drogi kolejowe. PWN 1982.
3. Dokumentacja Techniczno-Ruchowa wózków tramwajowych 8NN i 9NN.
4. Prawo o Ruchu Drogowym (DzU nr 98 poz. 602–1997).
5. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 22 grudnia 2003 r. W sprawie warunków technicznych tramwajów i trolejbusów oraz zakresu ich niezbędnego wyposażenia (DzU nr 230, poz. 2301–2003 r.).
6. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 30 grudnia 2003 r. W sprawie homologacji tramwajów i trolejbusów (DzU nr 231, poz. 2317–2003 r.).
7. Norma PN-K92008:1998. Komunikacja Miejska. Skrajnia kinematyczna wagonów tramwajowych.
8. Materiały katalogowe firmy Flender.
9. Materiały katalogowe firmy Knorr-Bremse.

Recenzent:

**Jerzy PIOTROWSKI**

### **Development tendencies in construction of the tram bogies operated on the area of Poland**

#### **Key-words**

Tram, running systems, driving bogie, rolling bogie.

#### **Summary**

New construction of the running systems of tram vehicles, on the example of the construction of the bogies of a tram of type 118N of the domestic production, are presented in this work. The list of the operated tram vehicles in the selected cities of Poland is presented. The main constructional characteristics of the tram of type 118N are presented, and comparisons with the parameters of the trams of foreign production are made. Moreover, the construction of the running systems of the tram vehicle of type 118N with the division on the driving bogie and the rolling bogie is discussed. The comparisons of the few constructional characteristics of the bogie with regard to the selected parameters are made.

