doc. dr inż. Marian Medwid
mgr inż. Krzysztof Przepióra
Instytut Pojazdów Szynowych „TABOR"

Pojazd szynowo – drogowy do oczyszczania infrastruktury tramwajowej

W artykule zaprezentowano bardziej szczegółowo pojazd szynowo-drogowy z szynowym układem jezdnym i z hydraulicznym układem napędu i hamowania, wyposażony w urządzenia do obsługi i utrzymania czystości na torowiskach tramwajowych w aglomeracjach miejskich. Opisano budowę, parametry konstrukcyjne pojazdu oraz jego cechy funkcjonalne. Przedstawiono wyniki analizy skrajni kinematycznej pojazdu oraz kinematyki szynowego układu jezdnego w łukach torowych jak również niektóre wyniki przeprowadzonych badań. Prototyp pojazdu wykonano na zamówienie MPK w Poznaniu. Prace badawczo-rozwojowe zostały dofinansowane przez Komitet Badań Naukowych.

Fot. 1 Widok ogólny pojazdu

1. Wstęp

Utrzymanie w odpowiedniej czystości infrastruktury tramwajowej, zwłaszcza torowisk i przystanków w aglomeracjach miejskich, jest zazwyczaj obowiązkiem odpowiednich służb przedsiębiorstw komunikacji miejskiej. Znaczna część torowisk tramwajowych jest wykonanych z szyn rowkowych zabudowanych w jezdniach, gdzie główka szyny znajduje się na poziomie jezdni. Znajdujący się na powierzchni jezdni piasek, kamienie i inne drobne przedmioty, są wiatrem i wodą deszczową przemieszczane do rowków szyn. Przejeżdżające tramwaje obrzeżem kół ubijają zgromadzony piasek tworząc twardą warstwę stopniowo wypełniającą przestrzeń rowka szyny. Przy odpowiednio dużym wypełnieniu rowków szyn może dojść do sytuacji, gdzie koło tramwajowe zamiast toczyć się kręgiem tocznym po główce szyny, toczy się obrzeżem po utwardzonej warstwie piasku, co może doprowadzić w efekcie do wykolejenia tramwaju.

Aby do takiej sytuacji nie dopuścić należy systematycznie czyścić rowki szyn z nagromadzonego tam piasku, kamieni a czasami również śrub, nakrętek lub innych drobnych przedmiotów metalowych. Dotychczas z powodu braku specjalistycznego sprzętu w przedsiębiorstwach komunikacji miejskiej w Polsce wykonywano czyszczenie rowków szyn ręcznie lub przy pomocy prymitywnych urządzeń pomocniczych.

W 2002 roku w Instytucie Pojazdów Szynowych w Poznaniu opracowano dokumentację konstrukcyjną oraz prototyp specjalistycznego pojazdu szynowo-drogowego do oczyszczania infrastruktury tramwajowej na bazie podwozia samochodu terenowego IVECO EUROCARGO. Prototyp pojazdu wykonano we współpracy z firmami BIBUS-MENOS i HYDROMEGA – Gdynia oraz FABRYKĄ URZĄDZEŃ TECHNICZNYCH – Żmigród. Firmy Bibus-Menos i Hydromega zaangażowane były w proces projektowania i montażu układów hydraulicznych pojazdu szynowo-drogowego a Fabryka Urządzeń Technicznych wykonała szynowy układ jezdny i elementy nadwozia pojazdu oraz ich zabudowę na podwoziu. Próby i badania pojazdu wykonano w IPS i MPK Poznań.

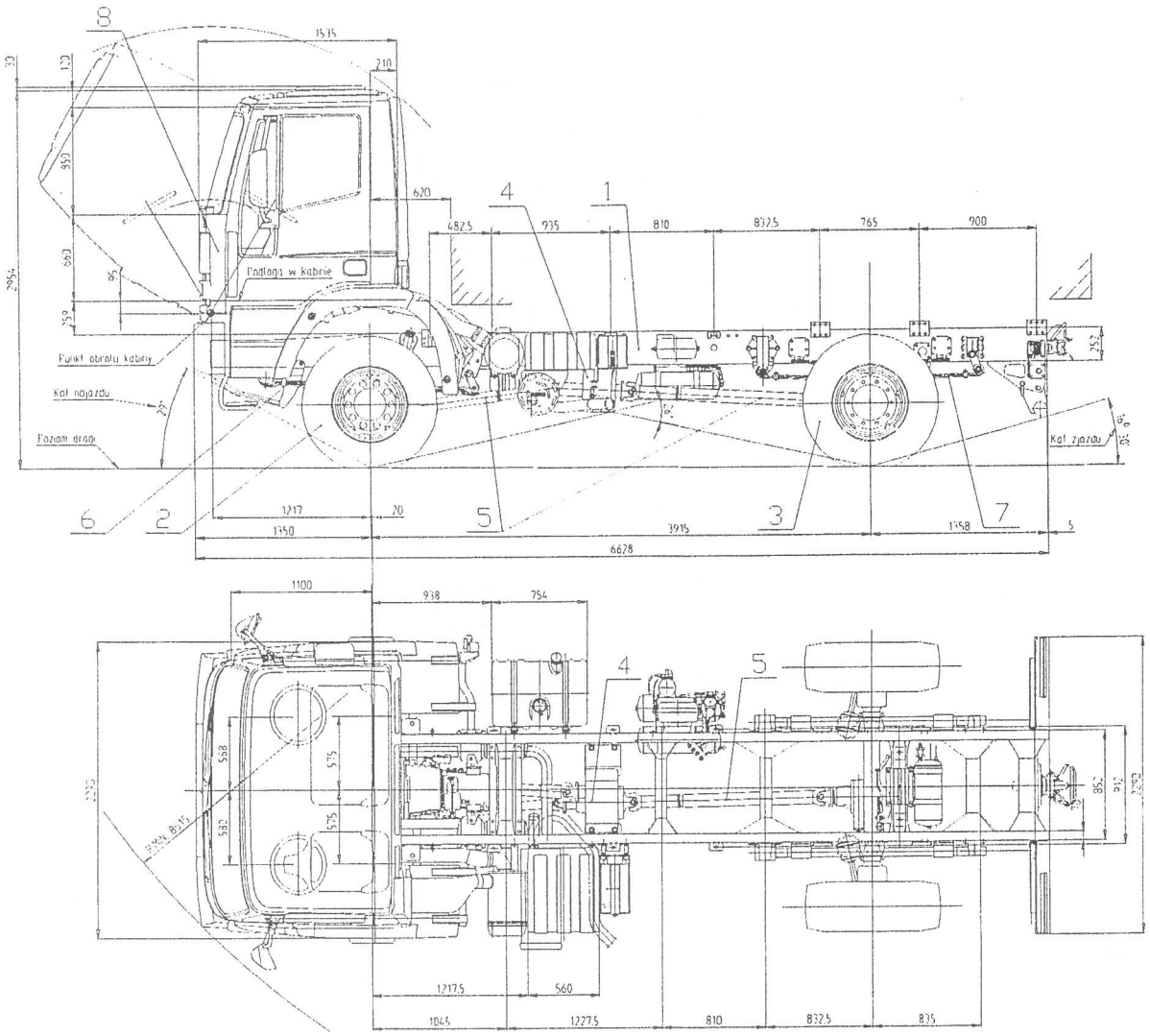
2. Podwozie bazowe pojazdu szynowo-drogowego

Podwozie bazowe, jakie wytypowano do wykonania pojazdu szynowo-drogowego to seryjnie produkowane podwozie IVECO EUROCARGO Model 140E18W o wzmocnionej konstrukcji, posiadającej cechy pojazdu terenowego (rys.1).

Podwozie składa się z ramy nośnej (1) z zabudowanym silnikiem, skrzynią biegów oraz układem przeniesienia napędu na przednią i tylną oś, w skład którego wchodzą przedni most napędowy (2), tylny most napędowy (3), skrzynia rozdzielcza (4) oraz wały pędne (5). Usprężynowanie podwozia stanowią: pojedyncze resory paraboliczne przednie (6) oraz podwójne resory paraboliczne tylne (7). Na podwoziu pojazdu zabudowano funkcjonalną trzy-osobową kabinę (8), wyposażoną w ergonomiczny pulpit oraz regulowany fotel kierowcy.

Parametry techniczne podwozia:

1.	Typ silnika	- EURO3
2.	Pojemność skokowa silnika	- 5880cm^3
3.	Moc maksymalna silnika (przy 2700 obr/min)	- 134 kW
4.	Moment max silnika (przy 1200÷2100 obr/min)	- 570 Nm
5.	Masa własna, z tego:	- 5585 kg
	- na przedniej osi	- 3625 kg
	- na tylnej osi	- 1960 kg
6.	Max. dopuszczalny nacisk przedniej osi	- 55 kN
7.	Max. dopuszczalny nacisk tylnej osi	- 95 kN
8.	Dopuszczalna masa całkowita	- 14500 kg
9.	Objętość zbiornika paliwa	- 115 l
10.	Wyposażenie pojazdu:	
	- hamowanie	ABS
	- akumulatory 2x12V	110 Ah
	- alternator	90 A / 24 V
	- kabina – osoby	3



Rys. 1. Podwozie bazowe pojazdu szynowo – drogowego
1. Rama nośna 2. Przedni most napędowy 3. Tylny most napędowy 4. Skrzynia rozdzielcza 5. Wały napędne 6. Resory przednie 7. Resory tylne 8. Kabina

3. Funkcje i zadania pojazdu szynowo - drogowego

Pojazd szynowo-drogowy przystosowany jest do poruszania się zarówno po drogach jak i po torach tramwajowych o rozstawie 1435 mm. Odchylana kabina pojazdu umożliwia zabranie 3 osobowej załogi, w tym specjalnie przeszkolonego kierowcę do obsługi jazdy drogowej i torowej.

Pojazd szynowo-drogowy przeznaczony jest do wykonywania następujących prac:

- oczyszczania z różnego rodzaju śmieci torowisk tramwajowych wydzielonych i wspólnych z jezdnią, międzytorza torowiska wydzielonego oraz powierzchni przystanków tramwajowych w obrębie około 5 m.
- oczyszczania rowków szyn tramwajowych z piasku, kamieni oraz innych elementów drewnianych, metalowych itp. (na sucho lub mokro),
- oczyszczania zwrotnic i skrzyń rozjazdów.

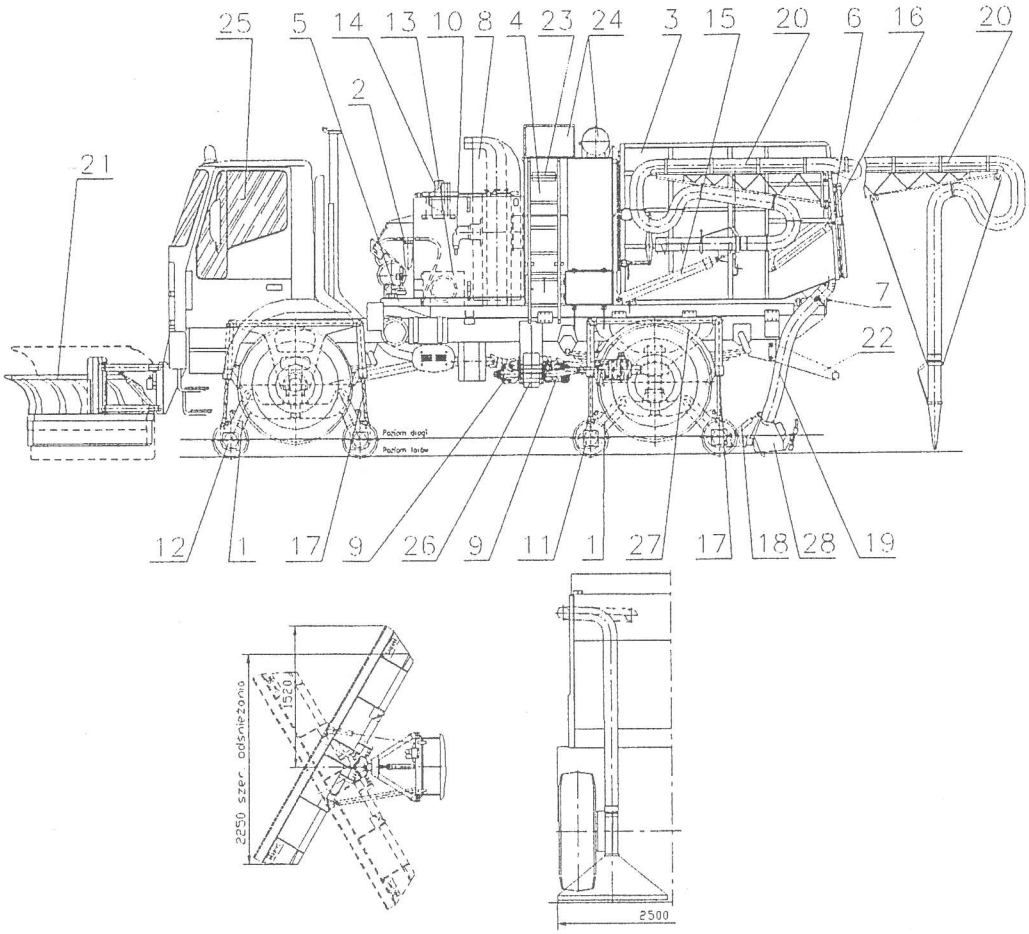
Do pierwszej z w/w prac przewidziano wykorzystanie bocznych ssaw ręcznych o zasięgu ok. 5 m od osi toru lub ssaw szczelinowych (z tyłu pojazdu) o szerokości czyszczenia 2,5 m. W drugim przypadku zanieczyszczenia usuwane są skrobakami z odciągiem powietrznym lub z wykorzystaniem strumienia wody pod wysokim ciśnieniem. Dla trzeciego przypadku przewidziano wysokociśnieniową instalację wodną z końcówką pistoletową oraz z dwoma różnymi lancami zakończonymi dyszami natryskowymi (jedna z lanc posiada również dyszę o systemie natrysku-turbo). Dodatkowo pojazd może być wyposażony w typowy pług lemieszowy odśnieżny lub obrotową szczotkę zamontowaną w przedniej części pojazdu.

Sterowanie pracą poszczególnych urządzeń możliwe jest przez obsługę z kabiny oraz z zewnątrz pojazdu. Urządzenia sygnalizacyjno-kontrolne oraz sterowania jazdą znajdują się tylko w kabinie pojazdu.

4. Ogólny opis budowy i działania pojazdu szynowo – drogowego

Widok ogólny pojazdu pokazano na rys. 2, a przekrój funkcjonalny na rys. 3.

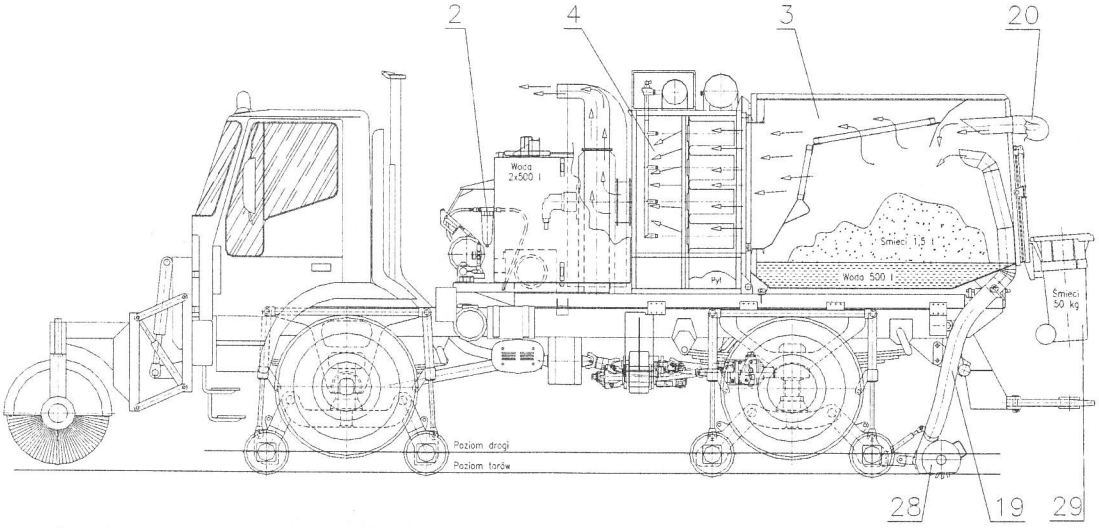
Urządzenia funkcjonalne zostały zabudowane na pojeździe samochodowym typu IVECO (25) zwanym również podwoziem pojazdu. Podwozie to wyposażono w układ rolek jezdnych zabudowanych na wózkach skrętnych (zwany również układem jezdnym – 1). Napęd jazdy realizowany jest hydraulicznie przy pomocy 4 silników hydraulicznych z hamulcem postojowym (11) oraz 4 silników hydraulicznych bez hamulca postojowego (12). Napęd na poszczególne urządzenia pojazdu odbierany jest z dodatkowej skrzyni rozdzielczej (26) zamontowanej w podwoziu pojazdu. Do skrzyni przyłączono 3 zespoły pomp hydraulicznych (9) zasilających 3 układy hydrauliczne: układ jazdy (8 sztuk silników do rozruchu, jazdy i hamowania), układ wentylatora (silnik hydrauliczny 10) i układ hydrauliczny otwarty (zasilanie cylindrów 15, 16, 17 i 18) oraz silnik hydrauliczny pompy wodnej (2). Olej hydrauliczny pobierany jest ze zbiornika (13) i schładzany w chłodnicach (14), sterowanych termostatami temperaturowymi. Sterowanie poszczególnymi funkcjami pracy układów hydraulicznych realizowane jest na drodze elektrohydraulicznej w trzech systemach: ręcznie – dźwigniami, elektrycznie – przełącznikami lub automatycznie – programem



Rys. 2. Pojazd szynowo-drogowy do oczyszczania torowisk tramwajowych - widok ogólny

1. Układ jezdny pojazdu 2. Instalacja wodna 3. Skrzynia do śmieci 4. Skrzynia filtrów 5. Rama nośna skrzyni 6. Klapa tylna 7. Podparcie skrzyni do śmieci 8. Wentylator z izolacją 9. Pompy hydrauliczne 10. Silnik wentylatora 11. Silnik jazdy z hamulcem 12. Silnik jazdy bez hamulca 13. Zbiornik oleju 14. Chłodnice oleju 15. Cylindry hydrauliczne skrzyni 16. Cylindry hydrauliczne klapy 17. Cylindry hydrauliczne podnoszenia rolek 18. Cylindry hydrauliczne urządzeń czyszczących rowki szyn 19. Ssawy urządzenia czyszczącego 20. Ssawy ręczne 21. Pług lemieszowy 22. Zderzak tylny 23. Drabinka obsługowa 24. Pneumatyka czyszczenia filtrów 25. Pojazd samochodowy IVECO 26. Skrzynia rozdzielacza pomp hydraulicznych 27. Błotnik tylny 28. Urządzenie czyszczące rowki szyn

Na podwoziu pojazdu (25) zamontowano ramę nośną skrzyni (5), na której posadowiono:
- skrzynię do śmieci (3) z ssawami ręcznymi (20), cylindrami (15 i 16), klapą tylną (6), podparciem (7),
- skrzynię filtrów (4) z filtrami oraz z układem pneumatycznego czyszczenia filtrów (24),
- wentylator osłonięty izolacją akustyczną (8) z silnikiem hydraulicznym (10),
- zbiornik oleju (13) z dwoma chłodnicami oleju (14),
- pług hydrauliczny-lemieszowy (21),
- dwa zbiorniki wodne z pompą wodną i bębnem do nawijania węża, stanowiące podstawowe podzespoły instalacji wodnej (2).



Rys. 3. Pojazd szynowo-drogowy do oczyszczania torowisk tramwajowych - przekrój funkcjonalny
2. Instalacja wodna 3. Skrzynia do śmieci 4. Skrzynia filtrów 19. Ssawy urządzenia czyszczącego 20. Ssawy ręczne 28. Urządzenie czyszczące rowek szyny 29. Kosze do śmieci
Wybrane pozycje odpowiadają numeracji przedstawionej na rys. 2.

Skrzynia do śmieci (3) wyposażona jest w specjalne sita wewnętrzne, zbiornik brudnej wody o pojemności ponad 500 l, przewody rurowe (19, 20) doprowadzające i kierunkujące odpady w określone miejsce. Skrzynia posiada możliwość obrotu o kąt ok. 45° w celu jej opróżniania ze śmieci i wody przez otwór powstały przez otwarcie klapy tylnej (6). Szczelność skrzyni do śmieci ze skrzynią filtrów jak i z klapą tylną uzyskuje się dzięki specjalnym uszczelkom gumowym profilowanym oraz mechanizmom regulacyjno-ryglującym położenie.

Skrzynia filtrów (4) mieści w swym wnętrzu 28 filtrów szczelinowych usytuowanych w czterech poziomych rzędach. W osi każdego filtra zabudowano dyszę połączoną instalacją pneumatyczną ze zbiornikiem wyrównawczym ciśnienia. Otwarciem dyszy i nadmuchem sprężonego powietrza w kierunku przeciwnym do obiegu ssącego wentylatora steruje 7 zaworów elektropneumatycznych. Uruchomienie czyszczenia filtrów, więc uruchomienie elektrozaworów, dokonywane jest automatycznie w jednostce czasowej lub od wyników pomiaru różnicy ciśnień w skrzyni filtrów.

Ze skrzynią filtrów, przy pomocy króćca elastycznego, połączony jest wentylator promieniowy (8). Wentylator obudowany jest izolacją dźwiękoszczelną w celu ograniczenia jego nadmiernego hałasu podczas pracy. Wentylator napędzany jest silnikiem hydraulicznym (10). Zadaniem wentylatora jest wytworzenie takiego podciśnienia w skrzyni do śmieci i ssawach, by można na drodze transportu pneumatycznego dokonać przemieszczania się większych cząstek zanieczyszczeń.

Instalacja wodna (2) składa się z pompy wodnej napędzanej silnikiem hydraulicznym oraz dwóch gałęzi zasilania: dysze ciśnieniowe przy dwóch skrobakach (28) oraz lance z dyszami do oczyszczania ręcznego. Woda pobierana jest z dwóch zbiorników, każdy o pojemności 500 l. Część wody z natrysku urządzenia czyszczącego rowki szyn (28) odciągana jest instalacją (19) do zbiornika wodnego w skrzyni do śmieci.

Podczas wykonywania w/w czynności roboczych na torze pojazd może poruszać się z prędkością minimalną ok. 1,5 km/h lub być nieruchomy. Pojazd posiada maksymalną prędkość (tzw. dojazdową) do 30 km/h. Regulacja prędkości jazdy jest bezstopniowa i wynosi od zera do max. Sterowanie jazdą (przód, tył) i hamowaniem dokonywane jest na drodze hydraulicznej sterownikiem ręczno-elektrycznym, zainstalowanym w kabinie pojazdu. Każdy postój pojazdu zabezpieczony jest czterema hamulcami mechanicznymi zainstalowanymi wewnątrz 4 silników hydraulicznych z tyłu pojazdu. Przed uruchomieniem jazdy należy hydraulicznie odblokować hamulce. Jazda po torze wymaga wcześniejszego ustawienia pojazdu w linii toru, opuszczenia zestawów jezdnych na tor i podniesienia pojazdu tak, by koła drogowe straciły kontakt z podłożem. Jazda po torze wymaga ustawienia przełożenia w skrzyni przekładniowej pojazdu na IV biegu. Przy jeździe po drodze można wykorzystywać wszystkie biegi przewidziane instrukcją obsługi samochodu.

Pojazd może być wyposażony w pług lemieszowy (21) zamontowany z przodu pojazdu. Pług może być sterowany hydraulicznie (podnoszenie i opuszczanie), ręcznie z zewnątrz pojazdu i elektrycznie z kabiny. Skrętu lemiesza o kąt ok. 30° w lewo lub prawo dokonuje się ręcznie przy pomocy drążka regulacyjnego montowanego z lewej lub prawej strony pługa.

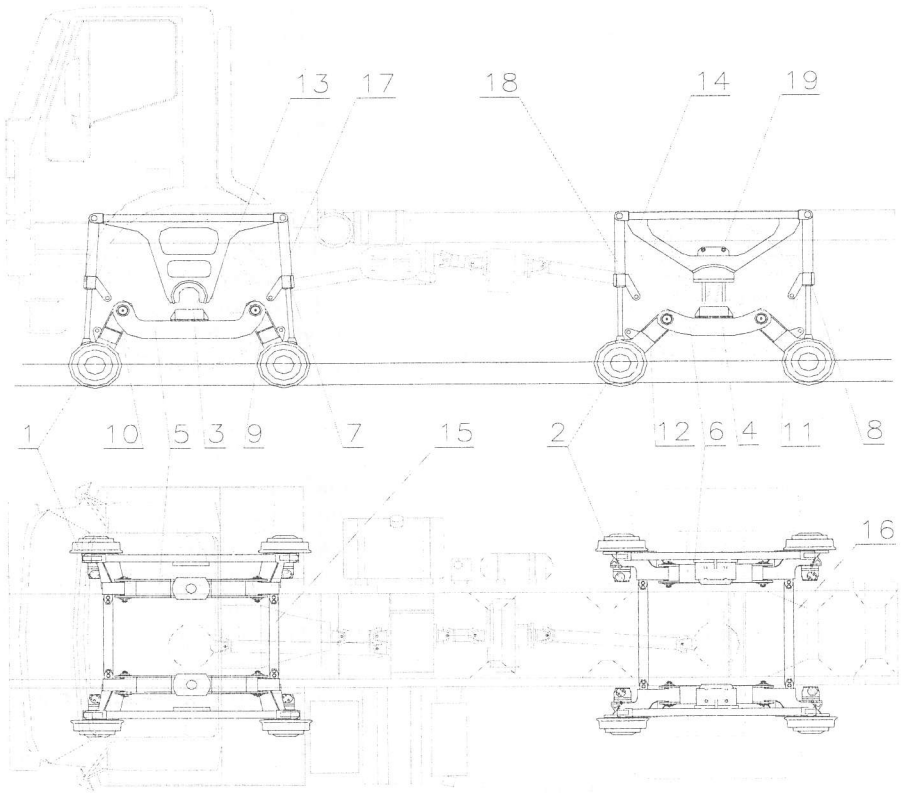
Parametry techniczne pojazdu szynowo-drogowego

1.	Masa pojazdu z pełnym ładunkiem	- 14,5 Mg
2.	Masa pojazdu w stanie próżnym	- 11,4 Mg
3.	Dopuszczalna prędkość jazdy po drodze	- 50 km/h
4.	Dopuszczalna prędkość jazdy w terenie	- 10 km/h
5.	Dopuszczalna prędkość jazdy na torze po łuku i rozjazdach	- 5 km/h
6.	Max. prędkość jazdy po torze prostym	- 30 km/h
7.	Max. wzniesienie toru przy podjeździe	- 4 %
8.	Max. opóźnienie przy hamowaniu na torze	- 1 m/s^2
9.	Max. siła na obwodzie kół szynowych	- 12,3 kN
10.	Max. moment koła szynowego	- 270 Nm
11.	Max. moment postojowy koła szynowego	- 1200 Nm
12.	Liczba kół szynowych napędzanych	- 8
13.	Liczba kół z hamulcem postojowym	- 4
14.	Średnica koła szynowego	- 350 mm
15.	Objętość oleju hydraulicznego w zbiorniku	- 160 l
16.	Objętość oleju hydraulicznego w instalacji	- 30 l
17.	Masa wody w zbiornikach	- 1000 kg
18.	Masa wody brudnej w skrzyni do śmieci	- 500 kg
19.	Masa śmieci w skrzyni do śmieci	- 1500 kg
20.	Wentylator promieniowy	
	- max. podciśnienie	- 9000 Pa
	- min. wydajność	- 1,5 m^3/s
21.	Dwie ssawy czyszczenia przystanków (max. zasięg)	- 5,0 m
	lub dwie ssawy czyszczenia podtorza (szerokość)	- 2,5 m
22.	Dwie ssawy z rylcem do czyszczenia rowków szyn	
23.	Lanca wodna ręczna	
	- ciśnienie robocze	- do 100 bar
	- długość przewodu	- 10 m
24.	Dwie lance przy ssawach z rylcem do mycia rowków szyn	
25.	Min. promień łuku toru tramwajowego	- 20 m

5. Szczegółowy opis urządzeń pojazdu

5.1. Układ jezdny pojazdu

Szynowy układ jezdny rys. 4 i 5 jest to układ dostosowujący pojazd do poruszania się po torach tramwajowych o min. łuku 20 m. Układ ten zamocowany jest do mostów: przedniego i tylnego samochodu. Czopy obrotowe przedni i tylny (3, 4) jako zespoły spawane, zamocowane są cybantami (obejmami – część integralna samochodu) poprzez górne resory do mostu samochodu. Obejmy te są wydłużone w stosunku do oryginalnych o 30 mm dla przodu oraz 60 mm dla tyłu. Na czopach zawieszono obrotowo belki nośne przednią i tylną (5, 6). Na belkach przednich (5) zawieszono 4 wahacze przednie (9 i 10), a na belkach tylnych (6) 4 wahacze tylne (11, 12). Każdy wahacz posiada dospawane tuleje, na których są osadzone łożyskowane rolki jezdne (20). Tarcze mocujące rolek (21) łączą rolkę z silnikiem hydraulicznym napędzającym (22, 23). Silnik hydrauliczny przykręcony jest bezpośrednio do wahacza. Łożyska toczne (25) stanowią tandem montażowy, a luzy ustalone są poprzez nakrętkę (26) i podkładkę łożyskową (27). Napęd z silnika hydraulicznego (22, 23) przekazywany jest poprzez tarczę (21) na rolkę jezdną, która łożyskowana w wahaczu odciąża silnik od nadmiernych sił promieniowych, zatem przedłuża jego trwałość. Wahacze przednie jak i tylne z lewej strony pojazdu jak i z prawej połączone są skrętnie łącznikami (15, 16). Łączniki pełnią rolę elementów dystansowych pomiędzy zestawem wózków z lewej i prawej strony pojazdu. Elastyczność łącznika (15 i 16) zabezpiecza pracę wahaczy na tzw. wichrowatość pionową torów.

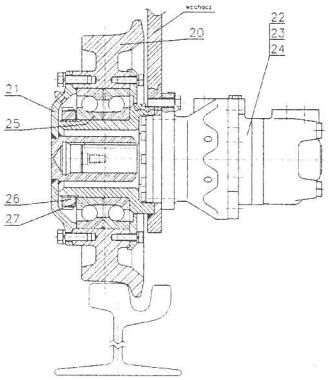


Rys. 4. Układ jezdny pojazdu

1. Rolka z silnikiem bez hamulca 2. Rolka z silnikiem z hamulcem 3. Czop obrotu przedni 4. Czop obrotu tylny 5. Belka nośna przednia 6. Belka nośna tylna 7. Zabezpieczenie rolek przednich 8. Zabezpieczenie rolek tylnych 9. Wahacz przedni I 10. Wahacz przedni II 11. Wahacz tylny I 12. Wahacz tylny II 13. Ramię nośne przednie 14. Ramię nośne tylne 15. Łącznik sprężysty przedni 16. Łącznik sprężysty tylny 17. Cylindry zawieszenia przedniego 18. Cylindry zawieszenia tylnego 19.Element usztywniający ramię nośne

Ruch obrotowy wahaczy, więc unoszenie lub opuszczenie zestawu rolek jezdnych (1 i 2) dokonywany jest przy pomocy cylindrów hydraulicznych (17, 18). Cylindry zawieszone są obrotowo uchami w ramionach nośnych przednich i tylnych (13, 14), oraz w wahaczach (9÷12). Ramiona nośne są związane z tarczami osi pojazdu z tyłu w pobliżu bębnów kół, z przodu w pobliżu przegubów skrętnych kół. Dodatkowo ramiona nośne tylne (14) są usztywnione elementem kątowym (19), mocowanym do tylnego resoru samochodu. Zabezpieczenie rolek przednich i tylnych (7, 8) jest zespołem składającym się z dwóch rodzajów uch z otworami, montowanych do cylindra hydraulicznego i przyspawanych do wahacza.

Po podniesieniu wahaczy do góry, obydwa rodzaje uch schodzą się ze sobą, tworząc jeden wspólny otwór, przez który przekłada się sworzeń i zabezpiecza się go zawleczką w kształcie agrafki. Zabezpieczenie (7, 8) wykorzystuje się podczas poruszania się pojazdu po drodze i pełni ono wówczas rolę zespołu uniemożliwiającego przypadkowe opadnięcie rolek jezdnych. Rolki te posiadają średnicę okręgu tocznego o350 mm i szerokość 102 mm [3]. Rozstaw między kręgami tocznymi kół wynosi 1500 mm.



Rys. 5. Zespół rolki jezdnej z silnikiem hydraulicznym (c.d. pozycji z rys. 4)

20. Rolka 21. Tarcza mocująca 22. Silnik hydrauliczny bez hamulca 23. Silnik hydrauliczny z hamulcem 24. Silnik hydrauliczny z czujnikiem impulsów 25. Łożyska kulkowe skośne 26. Nakrętka łożyskowa 27. Podkładka łożyskowa.

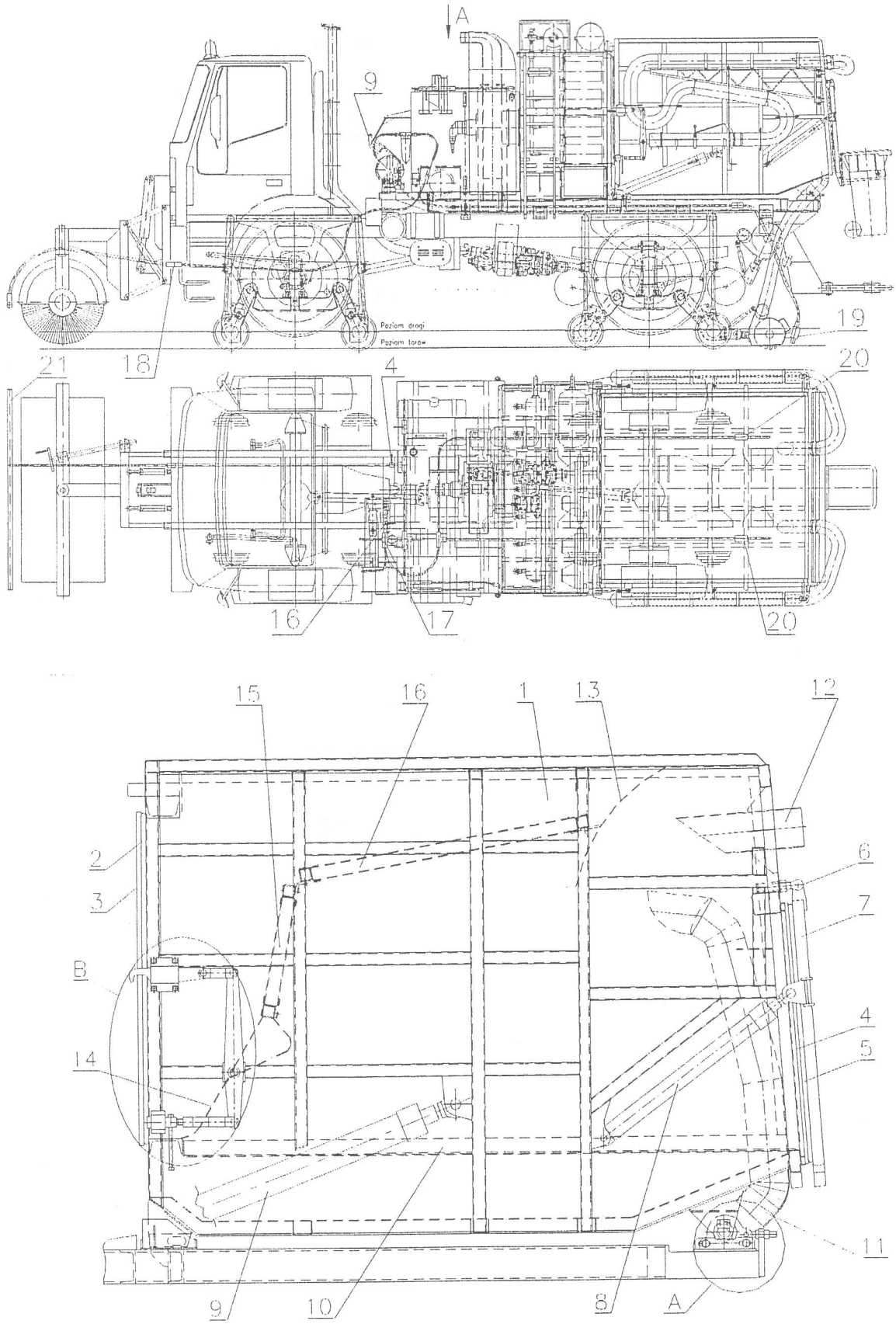
5.2. Układ instalacji wodnej

Układ instalacji wodnej (rys. 6) przeznaczony jest do ręcznego mycia zwrotnic i skrzyń rozjazdów, do automatycznego natrysku w miejscach pracy skrobaków (czyli rowków szyn) oraz do zraszania szczotki obrotowej. Woda mieści się w dwóch zbiornikach (1 i 2) o pojemności 500 l każdy, zlokalizowanych pomiędzy kabiną pojazdu, a skrzynią filtrów. Woda zasysana jest ze zbiorników pompą tłokową (3) przy pomocy przewodów ssących z dwoma zaworami odcinającymi (4) i filtra strumieniowego (5). Na wyjściu z pompy zamontowano wąż ciśnieniowy (8) zakończony uchwytem pistoletowym (9) do mocowania lanc z ciśnieniowymi dyszami. Do wykorzystania przewidziano dwa rodzaje lanc:

- lanca długa (11) o długości 90 cm z dyszą o rozbryzgu kołowym,
- lanca długa (12) o długości 110 cm z dyszą typu turbo o rozbryzgu skupionym.

Lance długie w trakcie nie użytkowania winny być mocowane w specjalnych uchwytach w miejscu utrudnionego dostępu np. na zbiorniku wodnym. Pompa wodna (3) jest pompą trzytłokową wyposażoną w zbiornik oleju, w którym znajduje się korbowód z wodzikami i nurnikami. Do bloku pompy dobudowany jest blok zaworów ssawnych i tłocznych. Napęd na korbowód pompa uzyskuje od silnika hydraulicznego (13) poprzez sprzęgło podatne zębate (14). Całość: pompa, sprzęgło i silnik powiązane są wspornikiem, który przykręcony jest śrubami do ramy nośnej. Zawór redukcyjny (6) posiada zakres regulacyjny ciśnienia 0÷100 bar.

Bęben stały (15) umożliwia nawinięcie jak i rozwinięcie węża ciśnieniowego (8) o długości 10 m. Bęben posiada mechanizm docisku węża uniemożliwiający jego samoczynne rozwijanie się. Pistolet (9) po nawinięciu węża ciśnieniowego na bęben jest umocowany na specjalnym wsporniku. Pistolet wyposażony jest w ręczną blokadę włączania, która uniemożliwia przypadkowe uruchomienie ciśnieniowego wylotu wody. Pistolet umożliwia również szybkie założenie dowolnej z wyżej wymienionych lanc oraz ich automatyczne zablokowanie w uchwycie.



Rys. 6. Układ instalacji wodnej

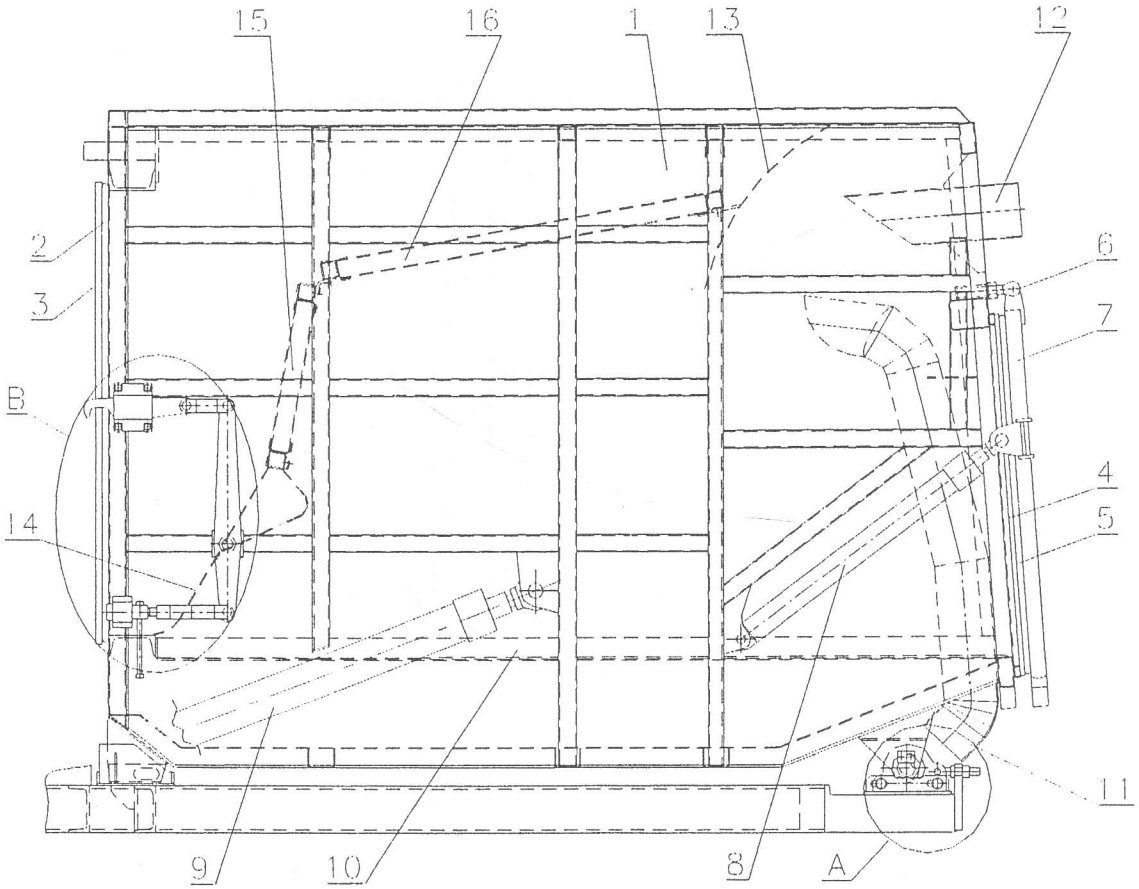
1. Zbiornik lewy 2. Zbiornik prawy 3. Pompa wodna 4. Zawór odcinający G1/2 5. Filtr strumieniowy 6. Zawór redukcyjny 7. Manometr 8. Wąż ciśnieniowy 9. Uchwyt pistoletowy 10. Wspornik filtra 11. Lanca długa 12. Lanca długa – turbo 13. Silnik hydrauliczny 14. Sprzęgło zębate 15. Bęben stały 16. Zawór odcinający G3/8 17. Zawór elektromagnetyczny 18. Szybkozłącze 19. Dysza regulowana 20. Złącze skręcane 21. Rura zraszająca

Automatyczny natrysk miejsca pracy skrobaków to: zawór redukcyjny (6) z manometrem (7) i zawór odcinający (16) zabudowany zaraz za pompą (3), zawór elektromagnetyczny (17) odcinający wyjście wody do zasilania miejsc pracy skrobaków, trójnik z dwoma gałęziami przewodów do połączenia z instalacją natrysku skrobaków. Instalacja natrysku skrobaków łączy się z przewodami przy pomocy złączy skręcanych (20). Dwa przewody giętkie łączą się z dwoma skróconymi lancami, do których przykręcone są dwie dysze (19) umożliwiające natrysk rowka szyny. Instalacja natrysku rowków szyn jest instalacją ciśnieniową w zakresie ustalonym przez zawór redukcyjny (6).

Instalacja zraszania szczotki obrotowej jest instalacją dodatkową, której działanie jest możliwe tylko przy wyłączonej pompie wodnej (3). Jest ona wykorzystywana przy zamontowanej szczotce obrotowej) z przodu pojazdu. Otwarcie zaworów odcinających (4) przy dwóch zbiornikach oraz na linii zasilania przodu pojazdu powoduje naturalny wypływ wody ze zbiorników do rury zraszającej (21). Instalacja zraszająca, wykorzystywana tylko przy zamontowanej szczotce obrotowej z przodu samochodu, posiada możliwość rozłączenia przy pomocy złącza (18). Ciśnienie w rurze zraszającej (21) zależy od wysokości słupa wody w zbiornikach (1 i 2). Rura posiada dwa rzędy otworów o średnicy 1 mm równo rozmieszczone wzdłuż całej długości tj. 2 m.

5.3. Skrzynia do śmieci z klapą tylną

Skrzynię do śmieci (rys. 7 i 8) stanowi prostopadłościenna konstrukcja stalowa (1) wykonana z kształtowników i blach ze stali nierdzewnej. Od przodu skrzynia posiada prostokątny otwór, wokół którego przyspawana jest rurka (2) o średnicy 16 mm przylegająca do uszczelki o przekroju prostokątnym (3) osadzonej w ramce skrzyni filtrów. W części tylnej skrzyni znajduje się również prostokątny otwór z przyspawaną ramką (4), w której osadzono uszczelkę prostokątną (5). Klapa tylna (7) posiada również przyspawaną rurkę o 16 mm, która obwodowo wciska się w uszczelkę (5).

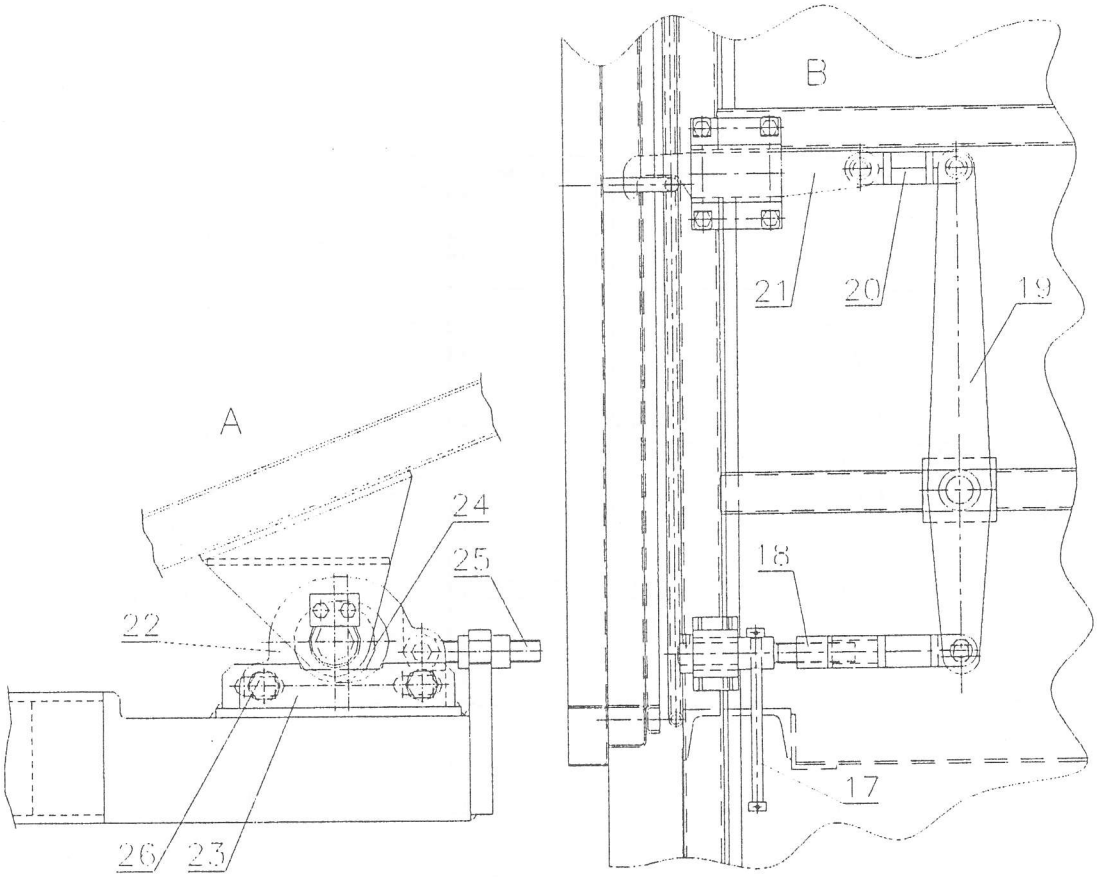


Rys. 7. Skrzynia do śmieci z klapą tylną - widok ogólny

1. Konstrukcja stalowa skrzyni 2. Rurka uszczelniająca 3. Uszczelka przednia skrzyni filtrów 4. Ramka mocująca uszczelkę 5. Uszczelka tylna skrzyni do śmieci 6. Śruba oczkowa zawiasu 7. Klapa tylna z rurką uszczelniającą 8. Cylinder hydrauliczny klapy tylnej 9. Cylinder hydrauliczny skrzyni do śmieci 10. Podłoga – sito 11. Rura wlotowa 12. Rura ssawy ręcznej 13. Blacha kierująca 14. Blacha osłonowa 15. Sito pionowe 16. Sito poziome.

W ścianie tylnej skrzyni zamontowano dwie śruby oczkowe (6), stanowiące zawiasy do zawieszenia klapy tylnej (7). Klapa tylna otwierana i zamykana jest przy pomocy dwóch cylindrów hydraulicznych (8) umieszczonych po dwóch bokach skrzyni i zawieszonych jednym końcem (uchem) na bocznej ścianie skrzyni, natomiast drugim końcem na klapie tylnej. Cała skrzynia do śmieci jest obracana względem zespołu podparcia (szczegół A) przy pomocy dwóch cylindrów hydraulicznych (9) znajdujących się po obu bokach skrzyni.

Wewnątrz dolnej części skrzyni do śmieci osadzona jest demontowalna w częściach podłoga (10) pokrywająca zbiornik wody brudnej. Zbiornik wodny opróżniany jest poprzez przechył skrzyni do śmieci. Części boczne podłogi (10) posiadają otwory stanowiące sito umożliwiające przepływ wody brudnej ze zbiornika śmieci. Objętość zbiornika wody brudnej wynosi ok. 500 litrów. Część tylna podłogi (10), od strony klapy tylnej jest osadzona na zawiasach, umożliwiając odchylenie jej do góry, aby można dokonać oczyszczenia wnętrza zbiornika. Wewnątrz skrzyni do śmieci zabudowano również sito zespolone składające się z: blach osłonowych (14), blach kierujących (13), sita pionowego (15) oraz sita poziomego (16). Sita pionowe i poziome wykonane są z ramek kształtowych, wewnątrz których przyspawano dwuwarstwowo sita oczkowe. Sita te mają zabezpieczyć przed przedostawaniem się większych zanieczyszczeń w przestrzeń filtrów workowych w skrzyni filtrów. Sita są demontowalne w celu ułatwienia ich oczyszczania.



Rys. 8. Skrzynia do śmieci z klapą tylną – szczegóły (c.d. pozycji z rys. 7)
17. Ręczny uchwyt 18. Nakrętka trapezowa 19. Dźwignia pionowa 20. Dźwignia pozioma 21. Zaczep ryglujący 22. Obudowa łożyskowa 23. Łoże podparcia 24. Rolka toczna 25. Śruba oczkowa 26. Śruba zaciskowa

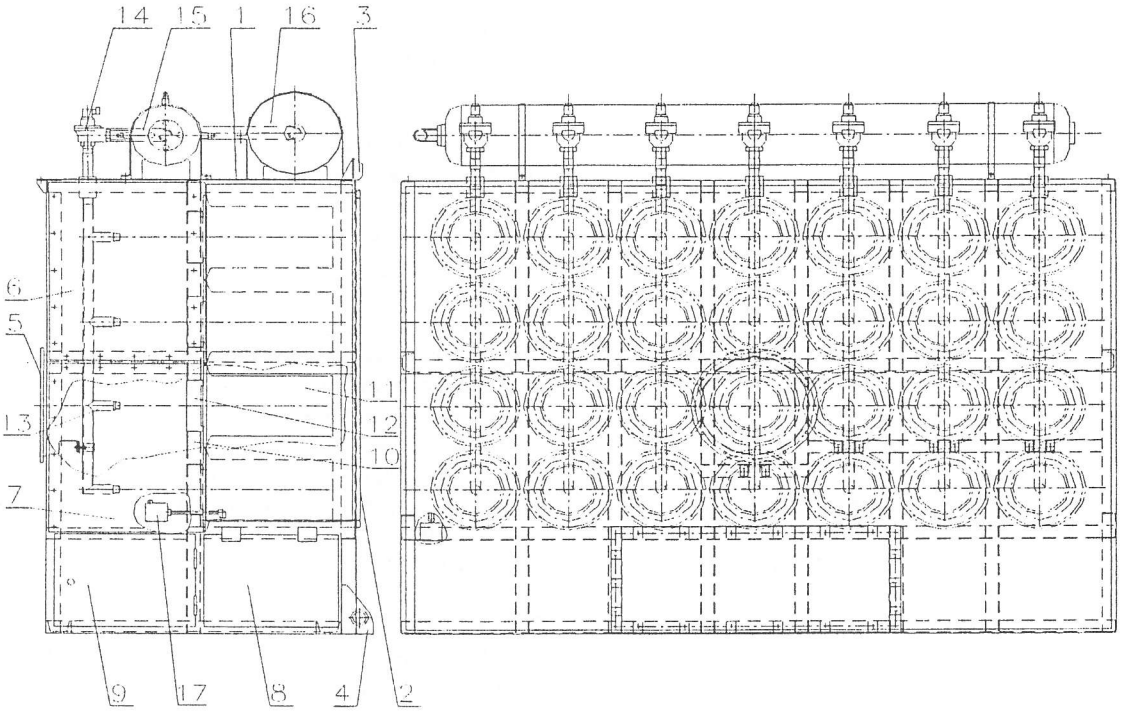
Zanieczyszczenia doprowadzane są do skrzyni do śmieci na drodze transportu pneumatycznego z przestrzeni rowków szyn dwoma rurami wlotowymi (11) oraz dwoma rurami ssaw ręcznych (12). Większe cząsteczki zanieczyszczeń są separowane przez blachy kierujące (13) i zsypują się na dno skrzyni, natomiast drobniejsze kierowane są strumieniem powietrza do skrzyni filtrów, gdzie zatrzymywane są na filtrach odpylających. Kształt rur (11 i 12) jest dostosowany do odpowiedniego transportu zanieczyszczeń i właściwego ich lokalizowania wewnątrz skrzyni. Rurami (11) transportowane są przeważnie drobniejsze zanieczyszczenia wraz z brudną wodą. Rurami (12) transportowane są drobne i większe zanieczyszczenia.

Skrzynia do śmieci jest zabezpieczona przed rozszczelnieniem od strony skrzyni filtrów przy pomocy układu ryglującego (szczegół B), natomiast od strony klapy tylnej przy pomocy cylindrów hydraulicznych. Ryglowanie skrzyni do śmieci odbywa się ręcznymi uchwytami (17) po obu stronach skrzyni, które pokręcane przesuwają nakrętki z gwintem trapezowym (18), dźwignie pionowe i poziome (19 i 20) tak, by zaczepy ryglujące (21) zakleszczyły się na uchwytach skrzyni filtrów. Zacisku klapy tylnej (7) na uszczelce (5) dokonuje się przy pomocy dwóch cylindrów hydraulicznych (8).

Zespół podparcia skrzyni do śmieci (szczegół A) składa się z dwóch identycznych obudów łożyskowych (22), osadzonych przesuwnie w dwóch łożach podparcia (23) na dwóch końcach ramy nośnej pojazdu. Przesuwające się i obracające rolki toczne (24) wewnątrz obudów (22) powodują równoczesny przesuw całej skrzyni w pierwszej fazie jej obrotu, co zabezpiecza uszczelkę przednią (3) przed ewentualnym zniszczeniem. Różnice wynikające z błędów wykonawczych skrzyni do śmieci i skrzyni filtrów niwelowane są przez przesuw obudowy łożyskowej (22) względem łoża podparcia (23). Zakres przesuwu wynosi 28 mm. Przesuwu dokonuje się przy montażu poprzez poluźnienie śrub zaciskowych (26) i pokręcenie nakrętkami na śrubie oczkowej (25). Regulację położenia skrzyni do śmieci względem skrzyni filtrów umożliwiają również cylindry hydrauliczne (9), a klapy tylnej cylindry hydrauliczne (8).

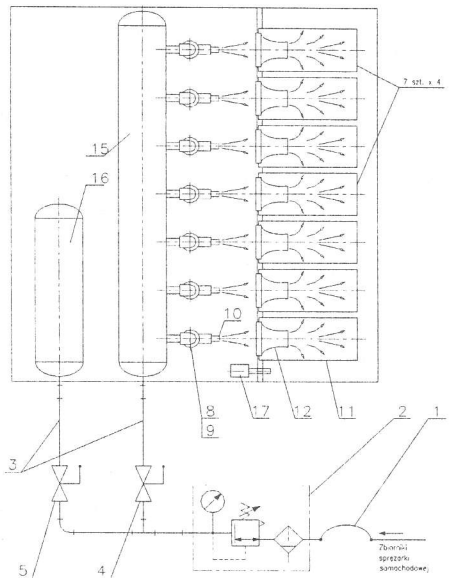
5.4. Skrzynia filtrów z wentylatorem

Skrzynia filtrów (rys. 9 i 10) jest zespołem o kształcie prostopadłościanu (1) wykonana z blach i kształtowników stalowych. Tylna ściana skrzyni filtrów przylega do czoła skrzyni do śmieci. Na obwodzie prostokątnego otworu łączącego obie skrzynie jest przyspawana ramka (2), którą wypełnia prostokątna uszczelka wyszczególniona na rys. 7. W górnej środkowej części tylnej ściany skrzyni filtrów znajduje się gniazdo prowadnika skrzyni do śmieci (3), ułatwiające jej posadowienie w końcowej fazie obrotu



Rys. 9. Skrzynia filtrów

1. Konstrukcja skrzyni 2. Ramka uszczelki 3. Gniazdo prowadnika skrzyni do śmieci 4. Wspornik cylindra hydraulicznego 5. Pierścień cylindra hydraulicznego 6. Pokrywa stała górna 7. Pokrywa stała dolna 8. Pokrywa komory pyłów 9. Pokrywa schowka 10. Płyta filtrów 11. Filtry odpylające 12. Tuleja filtra 13. Dysza impulsowego czyszczenia filtrów 14. Elektrozawory sterujące 15. Zbiornik pneumatyczny główny 16. Zbiornik pneumatyczny pomocniczy 17. Czujnik różnicowy ciśnienia



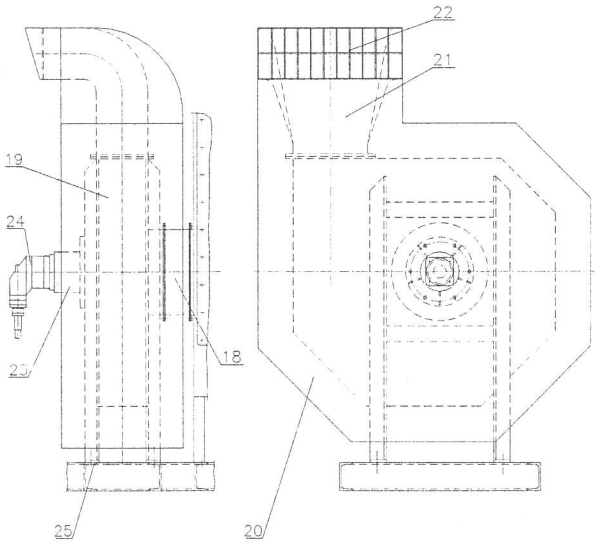
Rys. 10. Schemat pneumatyczny czyszczenia filtrów

1. Przewód giętki do zbiorników sprężarki 2. Zespół filtrująco – redukcyjny 3. Przewód rurowy o48,3x4,5 4. Zawór kulowy odcinający zbiornika głównego 5. Zawór kulowy odcinający zbiornika pomocniczego 8. Zawór elektropneumatyczny membranowy 9. Przewód przedmuchu 10. Dysza przedmuchu 11. Filtr 12. Reflektor uderzenia ciśnienia 15. Zbiornik główny 16. Zbiornik pomocniczy 17. Czujnik różnicowy ciśnienia

W dolnej części tylnej ściany skrzyni filtrów po jej prawej i lewej stronie znajdują się ucha wsporników cylindrów (4). Do przedniej ściany skrzyni montuje się króciec elastyczny [(18) na rys. 11] wentylatora. Króciec ten jest przykręcony od wewnątrz skrzyni poprzez pierścień montażowy (5). Ściany boczne wyposażone są w specjalne pokrywy umożliwiające dostęp do wnętrza. Są to: po dwie pokrywy (6 i 7) z każdej strony skrzyni dokręcone szczelnie do konstrukcji, dwie pokrywy komory pyłów (8) z uszczelką dociskaną ręcznie przy pomocy mechanizmu śrubowego ryglującego oraz dwie pokrywy schowka (9) z zawiasami i zamkiem. Skrzynia jest sztywno przykręcona do ramy nośnej śrubami.

Wewnątrz skrzyni filtrów w pionie zamontowana jest płyta filtrów (10), do której poziomo mocowane są filtry odpylające (11) w ilości 28 sztuk. Płytę filtrów stanowi stalowa rama pokryta blachą ze wspawanymi tulejami (12) łączącymi dwie komory skrzyni. W osi tych tulei montuje się filtry (11) szczelnie przylegające do płaszczyzny płyty. Strumień zanieczyszczonego powietrza kierowany jest na filtry od strony skrzyni do śmieci. Filtry przechwytują drobne frakcje zanieczyszczeń i kierują je do dolnej części skrzyni filtrów. Zanieczyszczenia te usuwane są ręcznie po otwarciu pokrywy pyłów (8). Nad powierzchnią płyty filtrów w osi każdego filtra (11) znajdują się dysze (13) układu impulsowego czyszczenia filtrów.

W skład układu impulsowego czyszczenia filtrów wchodzą następujące podzespoły: 28 dysz połączonych z 7 rurami i elektrozaworami (14) połączonymi ze zbiornikiem pneumatycznym (15). Układ posiada dodatkowy zbiornik pomocniczy (16). Obydwa zbiorniki montowane są na części dachowej skrzyni filtrów. W skład wyposażenia układu impulsowego wchodzą również dwa zespoły sterujące: czujnik różnicowy ciśnienia (17) oraz skrzynka sterowania, zamocowana na zewnątrz skrzyni filtrów.



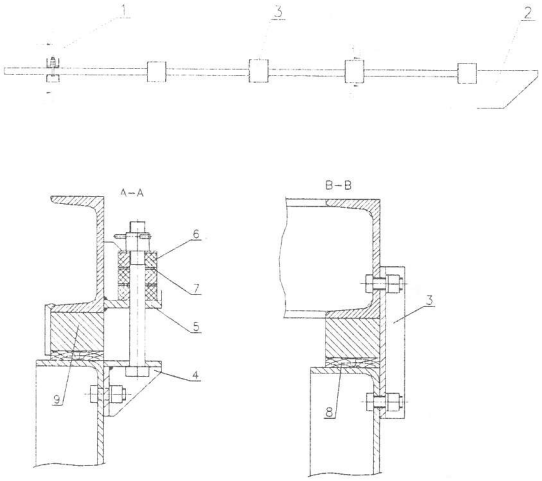
Rys. 11. Wentylator z napędem hydraulicznym (c.d. pozycji z rys. 9)
18. Króciec elastyczny wlotowy 19. Wentylator promieniowy 20. Obudowa dźwiękoizolacyjna 21. Króciec wylotowy 22. Kratka zabezpieczająca 23. Obudowa łożyskowa wirnika 24. Silnik hydrauliczny 25. Podkładki gumowe

Wentylator promieniowy typu WP35,5/0,75 jako typowe urządzenie (19) został obudowany osłoną dźwiękoizolacyjną (20) o grubości około 150 mm, gwarantującą znaczne wytłumienie poziomu akustycznego. Wentylator mocowany jest elastycznie przy pomocy czterech podkładek gumowych (25) o grubości ok. 10 mm do ramy nośnej oraz połączony króćcem elastycznym (18) ze skrzynią filtrów. Króciec wylotowy (21) wyposażony jest w kratkę zabezpieczającą (22) wykonaną z prętów o średnicy 5 mm. Napęd na wirnik wentylatora przekazywany jest od silnika hydraulicznego (24) poprzez wałek łożyskowany w obudowie (23). W obudowie znajdują się dwa łożyska kulkowe: skośne i zwykłe. Wałek napędowy, na którym poprzez wpust osadzony jest wirnik wentylatora jednocześnie łączy się z wałkiem silnika hydraulicznego poprzez połączenie wielowypustowe ewolwentowe.

5.5. Rama nośna skrzyni

Rama nośna [(1) na rys. 12] zespawana jest z ceowników wzdłużnych i poprzecznych o wielkości 120 mm. Zakończenie ramy w miejscu mocowania podporowego skrzyni do śmieci jest wykonane z pełnych, prostokątnych elementów. Część przednia ramy (1), podwyższona, wykonana jest z kątowników o wielkości 80x60 mm. Na tej części lokalizowane są zbiorniki i instalacja wodna. Wszystkie podzespoły montowane są na sztywno do ramy nośnej (wyjątek stanowi skrzynia do śmieci oraz wentylator). Natomiast rama nośna (1) montowana jest częściowo elastycznie do ramy samochodu. Na całej długości położenia ceowników na ramie samochodu zastosowano przekładkę drewnianą (8) o grubości 10 mm odpowiednio zakonserwowaną oraz listwę dystansową (9) wykonaną z aluminium lub miękkiej stali o grubości ok.

aluminium lub miękkiej stali o grubości ok. 40 mm. Na całej długości ramy z jej obu stron zamontowano 2x4 wsporniki mocujące (3), skręcone śrubami z ramą nośną i ramą samochodu. Część przednia ramy nośnej wyposażona jest w dwa zespoły amortyzacyjne. W skład takiego zespołu wchodzą dwa wsporniki: dolny i górny (4 i 5), trzy klocki gumowe (6) rozdzielone podkładkami stalowymi (7) oraz śruby łączące cały zespół.

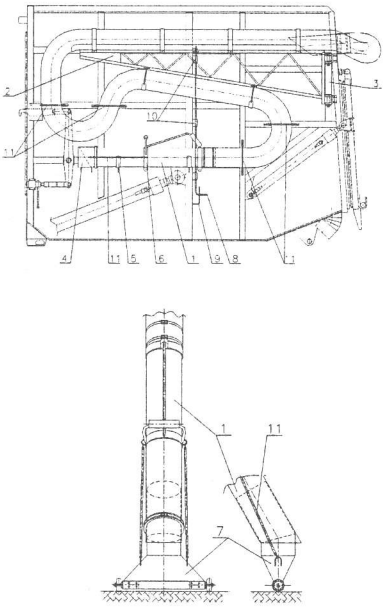


Rys. 12. Rama nośna skrzyni
1. Rama nośna 2. Wspornik podporowy 3. Wspornik mocujący 4. Wspornik amortyzatora dolny 5. Wspornik amortyzatora górny 6. Klocek gumowy 7. Podkładka 8. Przekładka drewniana 9. Listwa dystansowa

Rama nośna skrzyni wystaje około 500 mm poza ramę samochodu i z tego względu dokonano jej wydłużenia przy pomocy wsporników podporowych (2). Wsporniki te wykonane są w kształcie ceownika giętego z blachy o profilu odpowiadającym profilowi ramy samochodu i przyspawane do ramy samochodu.

5.6. Układ ssaw ręcznych

Ssawy ręczne (rys. 13) znajdujące się po obu stronach pojazdu służą do oczyszczania strefy przytorowej w promieniu do 5,5 m od osi pojazdu. Użycie ssawy ręcznej wymaga odblokowania dźwignią (8) wysięgnika (2) z górnego zaczepu. W tym celu należy podnieść dźwignię (8) w otworze ogranicznika (9), obrócić o kąt 90° i opuścić aż do oparcia się o wewnętrzne ramię kątowe ogranicznika. Następnie wysunąć ssawę (1) z gniazda (4), odczepić wszystkie zaczepy gumowe (11) mocujące ssawę do skrzyni do śmieci, podnieść ssawę (1) z uchwytu (6) i obrócić wysięgnik (2) na wsporniku (3) o wymagany kąt. Na końcu odczepić 2 zaczepy (11) podwieszające ssawę do wysięgnika (2). Zamontowana na ssawie rura aluminiowa o średnicy 140 mm z uchwytem ręcznym przeznaczona jest do zbierania większych odpadków i zanieczyszczeń w obrębie toru i przystanków tramwajowych. Na wyposażeniu pojazdu jest również ssawa szczelinowa wymienna (7), przeznaczona do zbierania mniejszych zanieczyszczeń. Wymiana ssawy polega na wsunięciu ssawy (7) do wnętrza ssawy (1) częścią rurową oraz zabezpieczeniu jej przed wypadaniem dwoma zaczepami gumowymi (11).



Rys. 13. Zespół ssawy ręcznej
1. Ssawa ręczna (podstawowa) 2. Wysięgnik 3. Wspornik wysięgnika 4. Gniazdo ssawy 5. Wspornik ssawy 6. Uchwyt ssawy 7. Ssawa szczelinowa (wymienna) 8. Dźwignia blokady wysięgnika 9. Ogranicznik dźwigni 10. Prowadzenie blokady 11. Zaczep gumowy

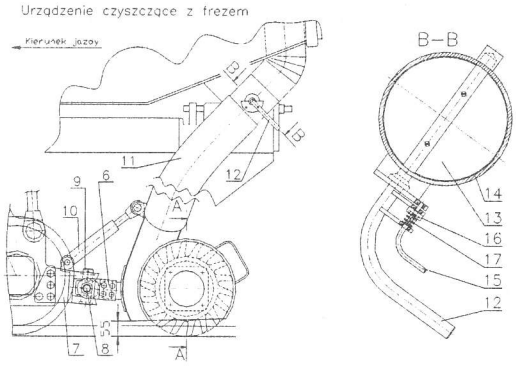
Ssawa (7) posiada dwie rolki toczne pozwalające na łatwy jej przesuw po podłożu oraz ustalające wielkość szczeliny ssącej.

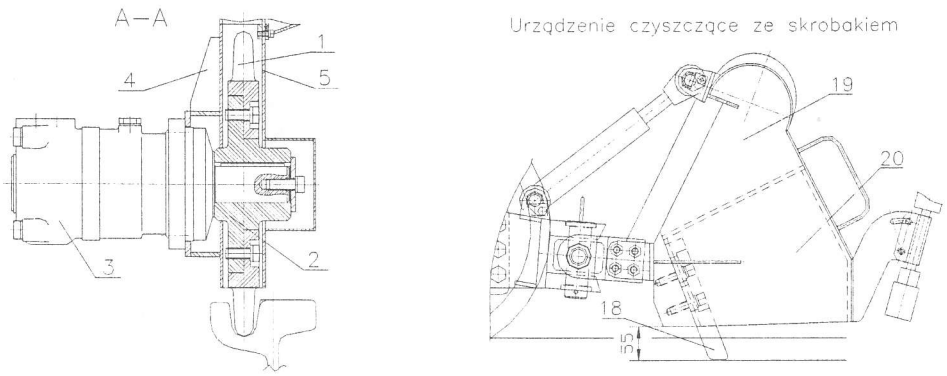
Odcięcie powietrza transportującego zanieczyszczenia w ssawie ręcznej (1) odbywa się poprzez wsunięcie jej końcówki w gniazdo (4) powodując tym samym jej zamknięcie i samoczynne uszczelnienie.
Do obsługi ssaw, a szczególnie do odpinania i zapinania zaczepów gumowych, przewidziano drabinkę obsługową przytwierdzoną do skrzyni filtrów.

5.7. Urządzenie czyszczące rowek szyny

Na wyposażeniu pojazdu przewidziano dwa rozwiązania urządzeń czyszczących rowek szyny (rys. 14): urządzenie czyszczące z frezem obrotowym oraz urządzenie czyszczące ze skrobakiem.

Urządzenie czyszczące z frezem obrotowym składa się z: zespołu freza (1 i 2), z silnika hydraulicznego (3), obudowy freza (4 i 5), mechanizmów mocowania i usytuowania zespołu (6÷10) oraz zespołu ssawy z przepustnicą (11÷17). Pojazd posiada dwa urządzenia czyszczące (lewe i prawe) dla dwóch rowków szyn.





Rys. 14. Urządzenie czyszczące rowek szyny

1. Frez czyszczący 2. Piasta freza 3. Silnik hydrauliczny 4. Obudowa freza 5. Pokrywa freza 6. Uchwyt przegubu 7. Wspornik prowadzący 8. Przegub 9. Sworzeń przegubu 10. Cylinder hydrauliczny 11. Przewód elastyczny 12. Dźwignia przepustnicy 13. Przepustnica 14. Korpus przepustnicy 15. Klin zabezpieczenia 16. Nakrętka regulacyjna 17. Sprężyna 18. Skrobak 19. Obudowa skrobaka 20. Pokrywa skrobaka.

Frez czyszczący (1) osadzony jest na piaście (2) i przykręcony do niej ośmioma śrubami M12, co pozwala na jego wymianę w przypadku zużycia lub zniszczenia. Cały zespół freza osadzony jest na wałku silnika hydraulicznego (3), który jest sterowany hydraulicznie. Frez (1) zabudowany jest specjalną obudową (4), zamykaną szczelną pokrywą (5), które to zespoły są elastycznie połączone przy pomocy przewodu (11) i zespołu przepustnicy (13 i 14) ze skrzynią do śmieci. Zespół przepustnicy pełni rolę urządzenia odcinającego drogę transportową zanieczyszczeń do skrzyni do śmieci. Gdy frezy pracują (prawy i lewy) dwie przepustnice (13) przy dwóch wejściach do skrzyni do śmieci winny być otwarte, tzn.: dźwignie ręczne (12) obrócone w położenie wzdłuż osi przewodu. Obrotu przepustnicy (13) w korpusie (14) dokonuje się poprzez pociągnięcie dźwigni klina (15) w kierunku do dźwigni przepustnicy (12) i jednocześnie obrócenie obu dźwigni o kąt około 90°, aż do zablokowania klina (15) w otworze korpusu (14). Mechanizm blokujący posiada zabudowaną nakrętkę (16) umożliwiającą regulację napięcia sprężyny (17), co zabezpiecza przed niepożądanym wykleszczeniem się klina z otworu.

Mechanizm mocowania zespołu freza pozwala na skrętność poziomą freza ok. 10° w stosunku do zespołu rolki, do której jest przykręcony oraz dużą skrętność pionową, ograniczoną jedynie przez skrajne położenia tłoczyska cylindra hydraulicznego (10). Skrętność poziomą ograniczają uchwyty przegubu (6) oraz łożyska ślizgowe kulowe cylindra (10). Obroty mechanizmu w poziomie i pionie dokonywane są dzięki przegubowi (8) z dwoma czopami poziomymi i otworem pionowym pod sworzeń (9).

Wspornik prowadzący przegub (7) przykręcony jest 4 śrubami do płyty wahaczy tylnych układu jezdnego. Na wsporniku (7) oraz obudowie freza (4) zabudowano ucha mocujące cylinder hydrauliczny (10).

Całkowite wsunięcie tłoczyska w cylinder (10) pozwala na umieszczenie zewnętrznego gabarytu freza (1) ponad główką szyny. Większe podniesienie obu urządzeń czyszczących może być dokonane tylko razem z podniesieniem tylnych rolek jezdnych.

W przypadku nie korzystania z funkcji frezowania rowków szyn lub nie korzystania z zespołu skrobiącego, istnieje możliwość szybkiego zdemontowania urządzeń: rozłączenie sworznia (9) i sworznia cylindra, rozłączenie przewodu (11) oraz rozłączenie szybkozłączy instalacji hydraulicznej.

Stosowanie urządzenia czyszczącego z frezem lub skrobakami zależy od wymagań i potrzeb użytkownika pojazdu. W urządzeniu skrobiącym istnieje możliwość regulowania wysuwu skrobaka (18), w miarę jego zużywania się. Teoretyczny wymiar wysunięcia skrobaka (18) poza obudowę (19, 20) wynosi 50 mm.

Ze względu na dużą masę zespołu czyszczącego z frezem zaleca się jego demontaż do dłuższej jazdy drogowej. Również ze względu na prostsze i lżejsze rozwiązanie zespołu czyszczącego ze skrobakiem zaleca się jego powszechne stosowanie.

6. Skrajnia kinematyczna pojazdu

Obliczenia skrajni kinematycznej wykonano w oparciu o wymagania normy PN-K-92008 i poprawki do tej normy z sierpnia 1999 r., dotyczącej taboru tramwajowego [1].

Szczegółowym obliczeniom poddano następujące układy:

- nadwozie między osiami rolkowych układów jezdnych,
- nadwozie w przekroju końcowym części tylnej (rura, wspornik),
- lusterko,
- koła gumowe,
- rolka jezdna.

W przypadku pierwszego układu stwierdzono, że nadwozie mieści się całkowicie w skrajni kinematycznej taboru tramwajowego wg normy PN-K-92008 [1].

W przypadku drugiego układu występuje wprawdzie nieznaczne przekroczenie skrajni kinematycznej taboru przez rurę elastyczną i jej wspornik, lecz szczegółowa analiza przemieszczeń ekstremalnych uwzględniających między innymi trwałe przesunięcie poprzeczne toru wykazała, że luz bezpieczeństwa w stosunku do skrajni budowli można uznać za wystarczający.

Norma wyłącza lusterka boczne z wymagania, by mieściły się one w stanie rozłożonym w zakresie skrajni taboru, jednak analiza dla warunków ekstremalnych dowiodła, że luz ten zostaje zachowany.

Koła gumowe, które są szeroko rozstawione (więcej z przodu niż z tyłu), stwarzają trudne warunki dla opanowania

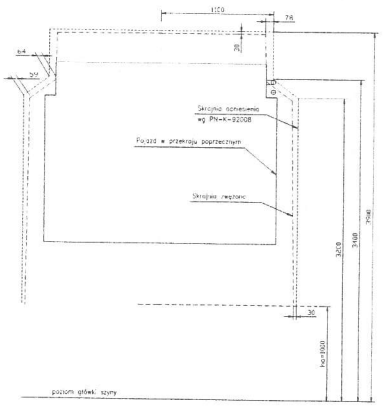
problemu skrajni mimo, że znajdują się w osi układów jezdnych rolkowych.

Stwierdzono, że w ekstremalnych warunkach zużycia toru i rolek luz bezpieczeństwa w stosunku do naroża skrajni budowli może być zachowany, gdy zużycie boczne rolek będzie ograniczone do 5 mm, a szerokość prowadna zestawu kołowego wyniesie zgodnie z normą PN-91/K-88251 d=1416 mm [3]. Dopuszczalne zużycie rolki jezdnej na promieniu powinno być również ograniczone do 5 mm.

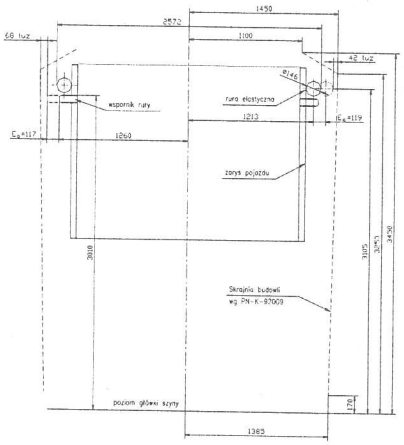
Niezależnie od tego dokonano pomiarów przystanków tramwajowych na sieci MPK Poznań. W stosunku do tych przystanków zostaje zachowany całkowicie zadowalający luz bezpieczeństwa określony przy przesuwach w warunkach ekstremalnych zużyć toru i rolek.

Analiza rolki jezdnej wykazała, że w aktualnym rozwiązaniu mieści się ona całkowicie w skrajni kinematycznej taboru tramwajowego.

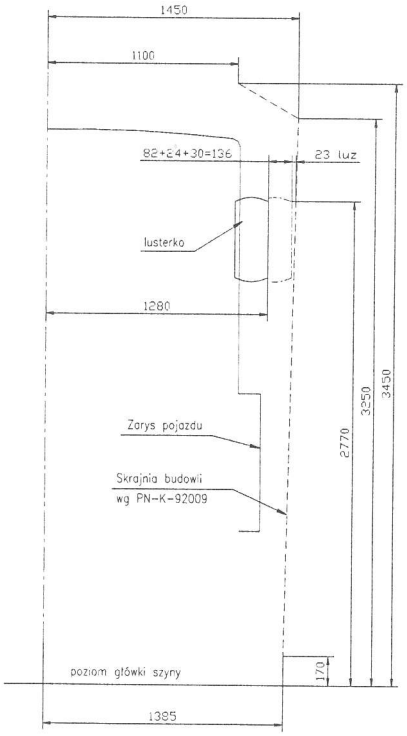
Na załączonych poniżej rysunkach pokazano usytuowanie analizowanych układów na tle skrajni kinematycznej i skrajni budowli (rys. 15, 16, 17, 18, 19, 20).



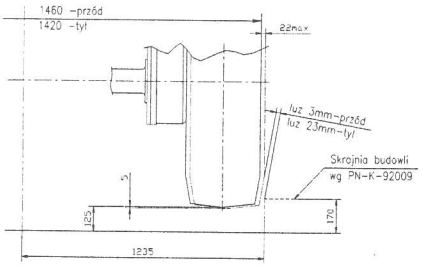
Rys. 15. Skrajnia dla przekrojów między osiami szynowych układów jezdnych

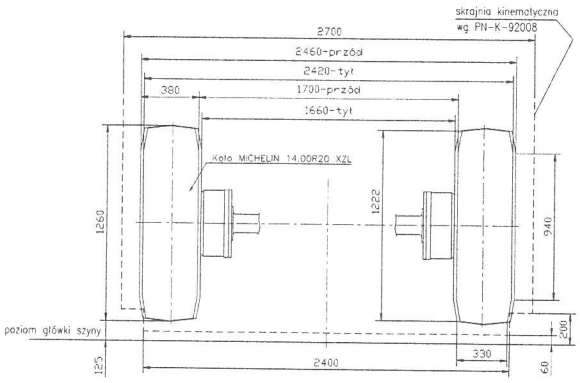


Rys. 16. Skrajnia w przekroju końcowym części tylnej (rura, wspornik)

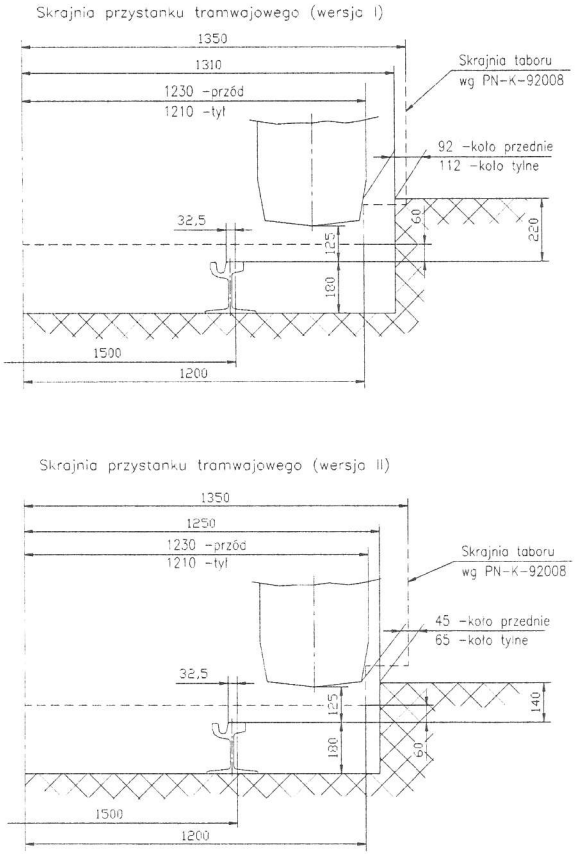


Rys. 17. Skrajnia lusterek

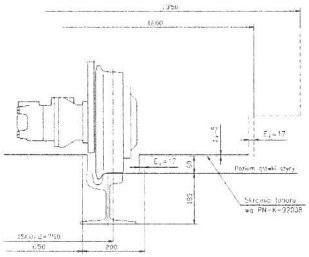




Rys. 18. Koła gumowe względem skrajni



Rys. 19 Koło gumowe względem przystanków tramwajowych na liniach tramwajowych MPK Poznań



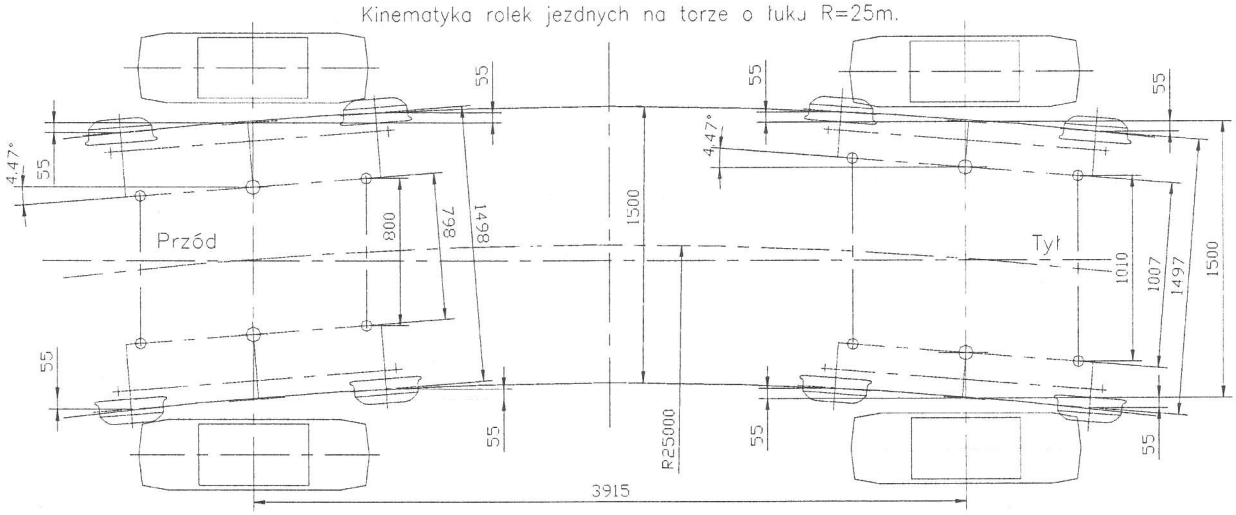
Rys. 20. Rolka jezdna w stosunku do skrajni taboru

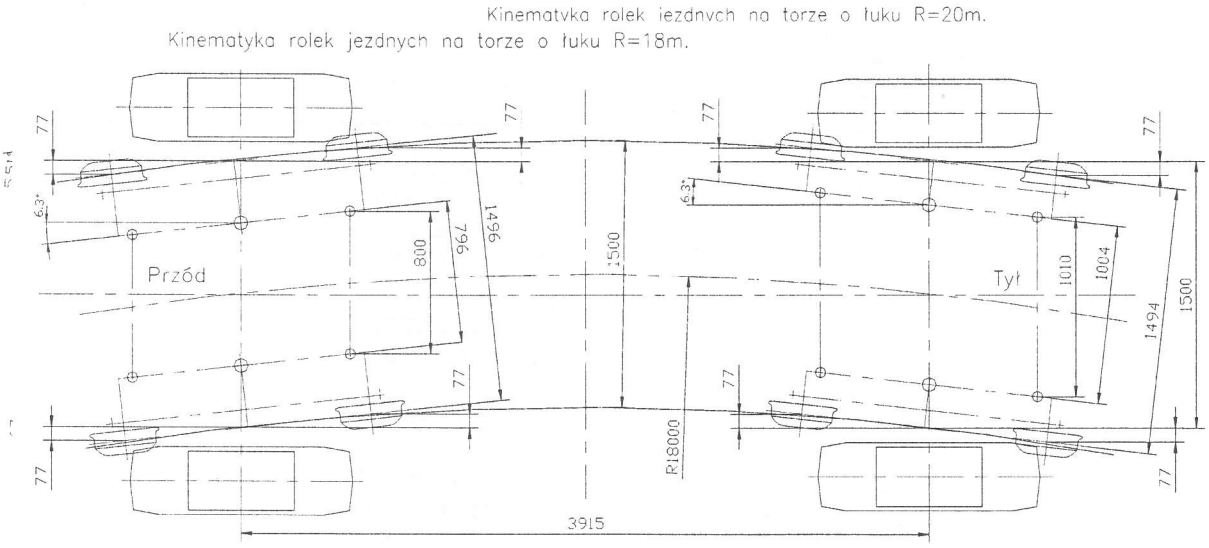
7. Kinematyka szynowego układu jezdnego w łukach torów

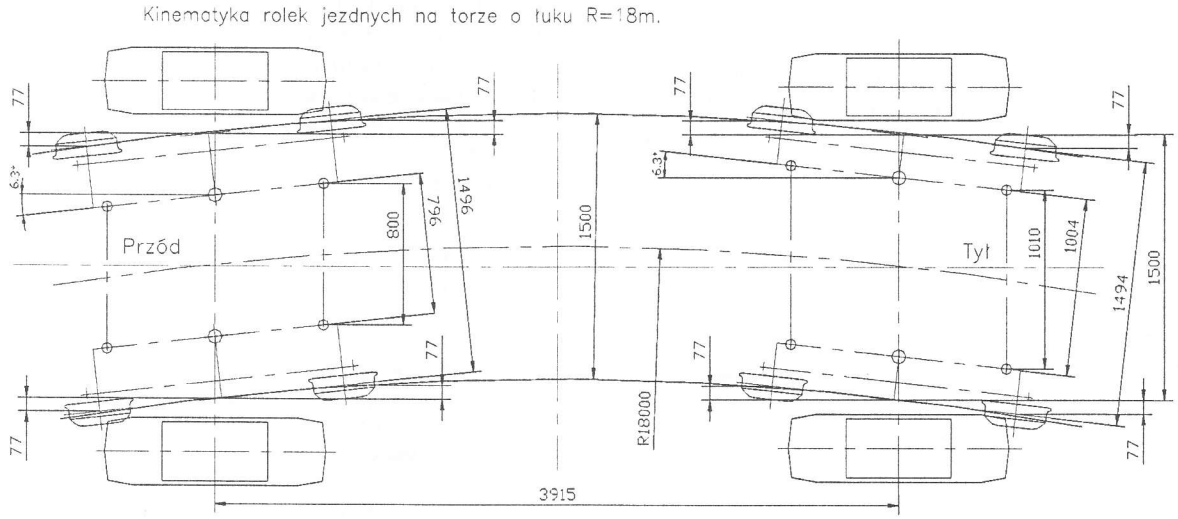
Pojazd szynowo-drogowy, przeznaczony do eksploatacji po sieciach torowych miejskiej komunikacji tramwajowej, musi być wyposażony w szynowy układ jezdny, który umożliwia pokonywanie łuków torowych o minimalnych promieniach R□18 m. Dotychczas znane i stosowane rozwiązania umożliwiające przejazd pojazdów szynowo-drogowych po tak małych łukach torowych ograniczały się do pojazdów szynowo-drogowych, gdzie napęd i hamowanie pojazdu było realizowane przez koła drogowe pojazdu, które toczyły się po główkach szyn, a szynowy układ jezdny spełniał tylko rolę prowadzenia pojazdu w torze. W tym przypadku, dla ograniczenia kątów nabiegania rolek szynowego układu jezdnego na szyny i zabezpieczenia dobrych warunków wpisywania się szynowego układu jezdnego w łuki torowe, stosowano zazwyczaj rolki prowadzące skrętne w postaci specjalnych wózków lub rolek pojedynczych zamocowanych wahaczowo do przedniej i tylnej osi podwozia pojazdu, lub sytuowano rolki prowadzące między osiami drogowymi pojazdu dla ograniczenia ich kątów nabiegania.

W prezentowanym rozwiązaniu szynowego układu jezdnego zastosowano rozwiązanie, przy którym szynowy układ jezdny (wózki jezdne) przedni lub tylny pojazdu nie ma rzeczywistego czopa skrętu (punktu obrotu) wózków jezdnych. Każdy z wózków jezdnych, przedni i tylny, ma dwa czopy obrotu względem mostów napędowych pojazdu, do których są mocowane. W ten sposób występuje „rombowanie" belek wzdłużnych szynowego układu jezdnego, umożliwiające „pseudo obrót" wózków względem podwozia pojazdu, w czasie, którego następuje zmiana rozstawu poprzecznego rolek jezdnych. Przy odpowiednio dobranych parametrach geometrycznych wózków jezdnych zmiana rozstawu poprzecznego rolek w zależności od kąta obrotu belek wzdłużnych nie jest duża i mieści się w tolerancjach wymaganego luzu poprzecznego między obrzeżem rolki a rowkiem szyny, co umożliwia dobre wpisywanie się wózków jezdnych nawet w łukach o promieniach R=16 m., a potwierdziły to przeprowadzone próby i badania.

Na rys. 21 pokazano kinematykę szynowego układu jezdnego w łukach torów o promieniach: 18, 20 i 25 m.







8. Próby i badania pojazdu

Prototyp pojazdu poddano odpowiednim próbom i badaniom stacjonarnym jak i ruchowym zgodnie z wcześniej opracowanym programem prób i badań. Przedstawiono wyniki pomiarów hałasu i prędkości przepływu powietrza w ssawach oraz pomiar nacisków kół drogowych na podłoże. Wyniki badań potwierdziły założone parametry konstrukcyjno-eksploatacyjne pojazdu.

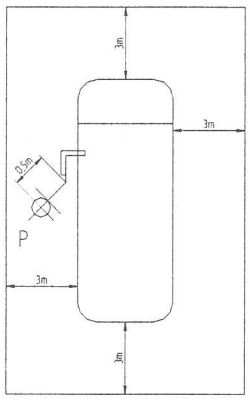
8.1. Pomiar hałasu emitowanego przez pojazd

Pomiary przeprowadzono na terenie IPS na torach bocznicy kolejowej.

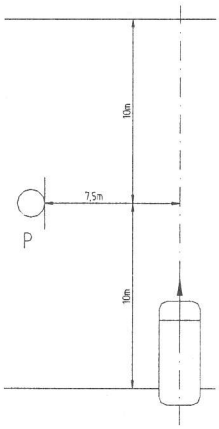
Do pomiaru dźwięku użyto miernika typu 2209 z mikrofonem 1" typu 4145 oraz kable łączące ze statywem.

Pomiary hałasu wykonano na postoju pojazdu wg schematu rys. 22 oraz podczas jazdy pojazdu po torach wg schematu rys. 23 [7].

Rys. 22



Rys. 23



Rys. 22. Miejsce pomiaru hałasu pojazdu na postoju
P – punkt pomiarowy obok rury wydechowej na wysokości 0,8 m

Rys. 23. Pomiar hałasu pojazdu podczas jazdy po torach
P – punkt pomiarowy na wysokości 1,2 m

Wyniki pomiarów przedstawiono w tabeli 1, 2 i 3.

Pomiar poziomu dźwięku emitowanego przez pojazd na postoju w punkcie „P"

Tabela 1

Stan urządzeń pojazdu w stanie próżnym	Obroty silnika [1/min]	Pomiar 1 [dB_A]	Pomiar 2 [dB_A]
Wyłączony wentylator główny Wyłączone pompy	1200	63,5	63,5
	2500	82,5	82,5
Wyłączony wentylator główny Załączone pompy „LS" i pompa jazdy	1200	86,5	86,5
Załączony wentylator główny Załączone pompy „LS" i pompa jazdy	1200	91,0	91,0
Załączony wentylator główny Załączone pompy „LS" i pompa jazdy	1000	84,0	84,0
Poziom dźwięku tła	~50 dB_A		

Pomiar poziomu dźwięku emitowanego przez pojazd podczas przejazdu obok punktu „P"

Tabela 2

Stan urządzeń pojazdu w stanie próżnym	Prędkość [km/h]	Poziom dźwięku [dB_A]			
		Pomiar 1	Pomiar 2	Pomiar 3	Pomiar 4
Załączony wentylator główny Załączone pompy „LS" i jazdy	3	75	75	77	75,5
Załączony wentylator główny Załączone pompy „LS" i jazdy	20	78	80	80	79,5
Poziom dźwięku tła	~50dB_A				

Pomiar poziomu dźwięku w kabinie pojazdu emitowanego przez pojazd podczas jazdy po torach z v=5 km/h. Pomiar na środku kabiny na wysokości ucha kierowcy

Tabela 3

Stan urządzeń pojazdu w stanie próżnym	Obroty silnika [1/min]	Pomiar 1 [dB_A]	Pomiar 2 [dB_A]	Wartość średnia
Załączony wentylator główny Załączone wszystkie napędy Zamknięte okna	1100÷1200	69,0	70,0	69,5

8.2. Pomiar przepływu powietrza w ssawach

Pomiary prędkości przepływu powietrza w ssawach przeprowadził przedstawiciel firmy austriackiej „Inger", której urządzenia filtrujące powietrze zostały zamontowane na pojeździe.

Pomiary przeprowadzono na postoju przy obrotach silnika pojazdu 700 obr/min przy załączonym 5 biegu (rozłączony napęd).

Wyniki pomiarów przedstawiono w tabeli 4.

Wyniki pomiarów przepływu powietrza w ssawach

Tabela 4

Miejsce pomiaru	Prędkość przepływu powietrza [m/s]	Wydatek powietrza [m^3/h]
Ssawa ręczna – lewa, średnica węża o 140 mm	26,3	1457,67
Ssawa ręczna – prawa, średnica węża o 140 mm	26,3	1457,67
Ssawa rowków szyn – lewa. Wąż ssawy o 140 mm	29,5	1115,10
Ssawa rowków szyn – prawa. Wąż ssawy o 140 mm	29,5	1115,10
UWAGA! Podczas pomiarów wszystkie ssawy były otwarte.		

8.3. Pomiar nacisku kół drogowych pojazdu szynowo-drogowego na podłoże

Pomiary wykonano przy pomocy dynamometrów tensometrycznych wg schematu przedstawionego na rys. 24, dla następujących obciążeń:

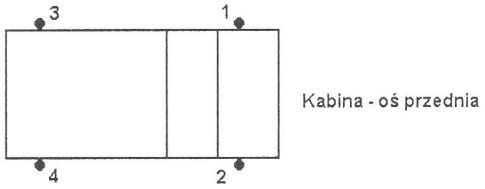
I – zbiorniki wody napełnione w około 3/4 pojemności zbiorników (~800 kg wody),

- skrzynia do śmieci próżna.

II – zbiorniki wody napełnione jak w I przypadku.

- skrzynia do śmieci załadowana obciążnikami o masie 2000 kg.

Wyniki pomiarów przedstawiono w tabelach 5 i 6.



Rys. 24. Schemat miejsca pomiaru

1,2,3 i 4 – koła drogowe

Wyniki pomiarów nacisku kół
Stan obciążenia I

Tabela 5

Miejsce pomiaru	Nacisk [kN]				
	I	II	III	średnio	na osie
1	28,75	28,51	28,72	28,66	57,21
2	28,68	28,80	28,17	28,55	
3	29,74	30,00	29,73	29,82	65,95
4	35,73	36,33	36,34	36,13	
Suma:	122,90	123,64	122,96	123,16	123,16

Wyniki pomiarów nacisku kół
Stan obciążenia II

Tabela 6

Miejsce pomiaru	Naciski [kN]					
	I	II	III	IV	średnio	na osie
1	26,80	26,85	26,56	26,10	26,58	52,53
2	26,15	26,25	25,47	25,92	25,95	
3	45,43	45,24	45,84	45,94	45,61	91,16
4	45,32	45,40	45,82	45,68	45,55	
Suma:	143,70	143,74	143,69	143,64	143,69	143,69

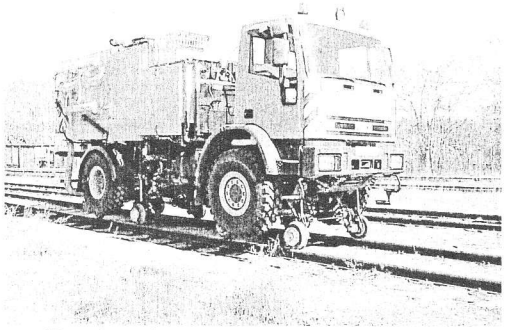
Uwaga: Pomiar I i II – ładunek w przedniej części skrzyni do śmieci. Pomiar III i IV – ładunek rozmieszczony równomiernie na podłodze skrzyni.

9. Podsumowanie.

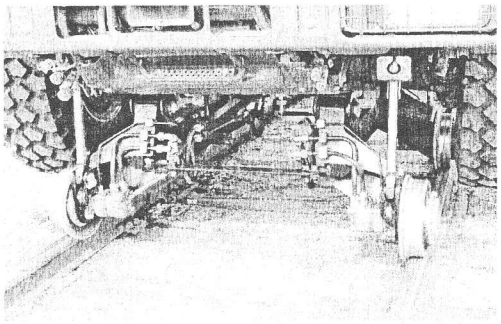
Wytypowane do zabudowy podwozie samochodu IVECO EuroCargo Model 140E18W o nośności podwozia pod zabudowę ~9 000 kg, umożliwiło wykonanie pojazdu szynowo-drogowego o maksymalnej masie 14 500 kg, to jest najcięższego z dotychczas projektowanych i wykonanych pojazdów szynowo-drogowych w Polsce. Duża nośność podwozia pozwoliła zabudować urządzenia, które z dobrym skutkiem realizują założone funkcje pojazdu. Czyszczenie rowków szyn na sucho, przy pomocy ssaw z rylcem, jest skutecznie realizowane przez zastosowanie dużego nacisku rylca (~400 kg), do wypełnionego rowka, jak również dzięki dobrym parametrom ssania, umożliwiającym transport odsysanych zanieczyszczeń do skrzyni do śmieci. Już przy wolnych obrotach silnika spalinowego pojazdu ~700 obr/min prędkość przepływu powietrza w ssawach wynosi około ~29 m/s, przy wyższych obrotach silnika 1000 ÷ 1200 obr/min, prędkość przepływu powietrza dochodzi do 40 m/s, co pozwala na odsysanie również kamieni o średnicy 25÷30 mm. Zamontowane na ssawach dysze wodne również skutecznie czyszczą rowki szyn wodą pod ciśnieniem do 100 bar, przy mniejszym stopniu ich zabrudzenia.

Duża nośność podwozia umożliwia między innymi zabudowę zbiorników wody o pojemności 1000 l oraz skrzyni do śmieci o ładowności 2000 kg. Biorąc pod uwagę duży stopień wypełnienia rowków szyn piaskiem na sieci torowisk tramwajowych, opróżnienie skrzyni do śmieci z piasku i wody brudnej jest konieczne po 2÷3 nocnych sprzątaniach torowisk. Nie bez znaczenia przy nocnym trybie pracy pojazdu jest poziom hałasu emitowany podczas pracy. Dzięki odpowiednim zabiegom konstrukcyjnym udało się uzyskać niski poziom hałasu to jest ~75 dB_A podczas czyszczenia rowków szyn przy jeździe pojazdu z prędkością ~3km/h. Pojazd wyposażono również w odpowiednie oświetlenie dodatkowe, umożliwiające dobrą obserwację otoczenia pojazdu w nocy, a szczególnie ssaw czyszczących rowki szyn, które są obserwowane przez operatora z kabiny kierowcy przy pomocy dwóch kamer oraz monitora zamontowanego w kabinie. Obsługa pojazdu jest prosta, a sterowanie urządzeniami funkcyjnymi jest wykonywane z pulpitu zamontowanego w fabrycznie wykonanym schowku, umieszczonym pod dachem kabiny pojazdu.

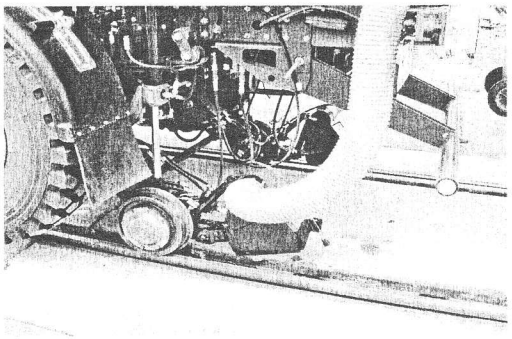
Poniżej umieszczono kilka fotografii pojazdu ukazujących szczegóły rozwiązań konstrukcyjnych.



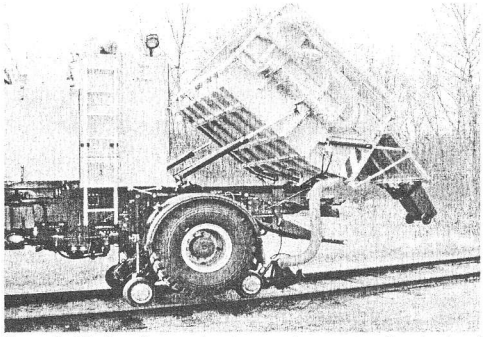
Fot. 2. Pojazd podczas jazdy po torach



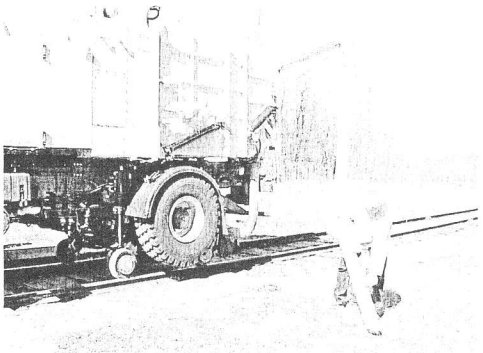
Fot. 3. Szynowy układ jezdny – przedni



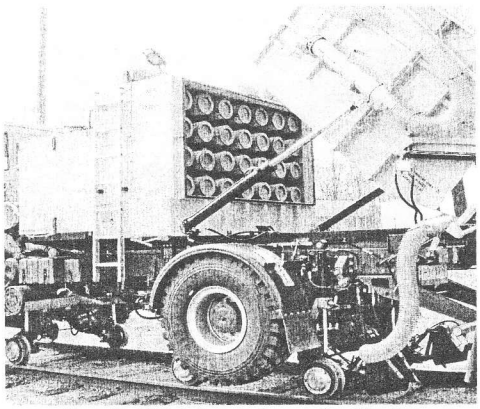
Fot. 4. Urządzenie do czyszczenia rowków szyn (rylec z ssawą, dysza wodna)



Fot. 5. Pojazd z uniesioną skrzynią do śmieci



Fot. 6. Czyszczenie otoczenia pojazdu ssawą ręczną



Fot. 7. Widok na skrzynię filtrów

Literatura:

[1] PN-K-92008.-Komunikacja miejska. Skrajnia kinematyczna wagonów tramwajowych. Styczeń 1998.

[2] PN-K-92009.-Komunikacja miejska. Skrajnia budowli. Wymagania. Styczeń 1998.

[3] PN-91/K-88251.-Kontur bieżni kół elastycznych wagonów tramwajowych. Styczeń 1992.

[4] Karta UIC 505-1.-Tabor kolejowy. Skrajnia pojazdów. Międzynarodowy Związek Kolejowy. Wyd. 8, 1.1.97.

[5] Przepisy D1.-Przepisy techniczne utrzymania i eksploatacji nawierzchni na liniach kolejowych normalnotorowych użytku publicznego, wprowadzone Zarządzeniem nr 47 Ministra Komunikacji z dn. 01.06.1982, wchodzące w życie z dniem 01.05.1983r.

[6] OR-8299.-Obliczenia mechaniczne i wytrzymałościowe szynowego układu jezdnego samochodu ciężarowego IVECO EuroCargo model HL130E23W. Opracowanie nie publikowane Instytutu Pojazdów Szynowych „TABOR" w Poznaniu, grudzień 2000 r.

[7] PN-92/S-04051.-Pojazdy samochodowe i motorowery. Dopuszczalny poziom hałasu zewnętrznego. Wymagania i badania. Czerwiec 1992.