

УДК 629.113
UDK 629.113

CHARAKTERYSTYKA EKSPLOATACYJNA TRANSPORTU PUBLICZNEGO
AUTOBUSOWEGO INTEGRUJĄCEGO MIASTO RZESZÓW I OKOLICE

MICHALSKI Jacek, Prof. Dr hab. inż., Politechnika Rzeszowska, Rzeszów, Polska

ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГРОМАДСЬКОГО АВТОБУСНОГО
ТРАНСПОРТУ В МІСТІ ЖЕШУВ І НА ЙОГО ОКОЛИЦЯХ

МІХАЛЬСКИ Яцек, Професор, Доктор хабілітований, Жешовська Політехніка, Жешув, Польща

OPERATING CHARACTERISTICS OF BUS PUBLIC TRANSPORT IN RZESZÓW
AND ITS SUBURBS

MICHALSKI Jacek, Prof. DSc, Rzeszow University of Technology, Rzeszow, Poland

WSTĘP

Statystycznie, autobus jest zdecydowanie najbardziej bezpiecznym pojazdem drogowym [5, 19]. Koliduje, czy nawet wypadki z udziałem samochodów osobowych, które uderzają w boki autobusu, nie powinny być groźne dla osób w autobusie a jego deformacje co najmniej zgodnie z wymogami APTA (American Public Transportation Association). Około 62% wypadków autobusów stanowią różne zderzenia czołowe. Producenci autobusów wprowadzili systemy łagodzące ich skutki. Przykładowo autobusy Volvo 9700 i 9900 mają rozwiązanie FIP (Front Impact Protection), wzmocnienie ściany przedniej chroniące kierowcę i pilota przed obrażeniami. Również te autobusy turystyczne, jako pierwsze, miały konstrukcje bezpieczeństwa KIP (Knee Impact Protection). System KIP zmniejsza ryzyko urazu kolan i nóg kierowcy w przypadku zderzenia czołowego, dzięki panelom absorbującym energię, umieszczonym za deską rozdzielczą na wysokości kolan kierowcy. Autobusy turystyczne, mają także system ochrony FUPS (Front Underrun Protection System). Jest to specjalna konstrukcja, stalowa belka za przednim zderzakiem, zapobiegająca wjechaniu innych pojazdów pod spód autobusu, w razie zderzenia czołowego. Dzięki niej, w chwili zderzenia strefy zgniotu w samochodzie uderzającym, spełniają swoją rolę, czyli energia uderzenia zostanie rozpraszana. Należy zaznaczyć jednak, że autobus turystyczny Volvo 9700, uznawany jest za najbezpieczniejszy pojazd w historii tej firmy. W autobusach Mercedes i Setra kierowcę i pilota chroni rozwiązanie FCG (Front Collision Guard). Miejsce kierowcy, łącznie z układem kierowniczym, zespołem pedałów i fotelem, umieszczono na masywnej ramie, która w razie silnego zderzenia czołowego przesuwają się do tyłu, zwiększając przestrzeń chronioną i daje większe szanse przeżycia. Duże deformacje (przemieszczenia) czy przebicia ścian bocznych i dachu autobusu są także bardzo groźne dla podróżujących. Podczas użytkowania autobusu istnieje niebezpieczeństwo: przewrócenie spowodowane wпадnięciem w poślizg, wypadnięciem z drogi na zakręcie, spadkiem z wiaduktu czy ze skarpy, uderzenia górną częścią nadwozia o konary drzew lub budowle. Z kolei poszycie wewnętrzne autobusów powinno być wykonane z miękkich materiałów, a elementy wyposażenia pozbawione ostrych krawędzi. Pasy bezpieczeństwa, korzystnie trzypunktowe, winny zapewnić pozostawanie osób na miejscu, także podczas stacza się autobusu ze zbocza. Dynamiczne obciążenie autobusu jest wówczas bardzo duże. Aktualnie, wytrzymałości nadwozi autobusów na uderzenia podczas przewracania precyzuje Regulamin ECE R66, będący załącznikiem nr IV - „Wytrzymałość konstrukcji nośnej” Dyrektywy Europejskiej nr 2001/85/WE z 20.11.2001 [2]. Przewidziane próby przewrócenia bocznego autobusu, także przewrócenie wycinka pojazdu, uderzenie wahadłem w odpowiednio wybraną część struktury nośnej lub odpowiednią grupę części, albo kontrolne obliczenia konstrukcji nośnej, sprawdzają przemieszczenie nadwozia, w celu określenia przestrzeni przeżycia dla pasażerów. Autobus ustawia się na wahlowej platformie, której prędkość przechyłu nie powinna przekraczać 5°/s (0,087 rad/s). Obciążenie przewrócenia bocznego autobusu nie jest jednak duże, ponieważ prędkość przechyłu wahlowej platformy nie powinna przekraczać 5°/s (0,087 rad/s). Nie odpowiada to rzeczywistym obciążeniom, podczas powyższych przypadków zdarzeń drogowych, odmiennych w autokarach, autobusach niskowejściowych i niskopodłogowych. Średnia prędkość jazdy, przy której autobus przewraca się na bok to zwykle 49 km/h. Procedura badań [2], przewiduje jednak przebieg przechylania bez wpływów dynamicznych, aż do momentu przewrócenia. Wadą Regulaminu ECE R66 jest także, nie uwzględnienie obciążeń wynikających z obecności osób.

Systemy bezpieczeństwa czynnego autobusu to najczęściej: właściwości jezdne i system hamulcowy, o długich okresach sprawności technicznej, zwłaszcza - elektronicznie sterowane hamulce tarczowe (EBS), elektroniczny system stabilizacji toru jazdy ESP (Electronic Stability Program), hamowanie mieszane (Brake Blending) hamulcem silnikowym VEB (Volvo Engine Brake) zintegrowanym z układem rozrządu silnika czy hamulcem EPG (Exhaust Pressure Governor) umieszczony przy wylocie spalin w turbosprężarce oraz zapobieganie cofaniu się autobusu podczas ruszania pod górę, system Hill Start Aid. Ergonomiczne miejsce pracy i dobra widoczność - to zarówno cechy konstrukcyjne autobusu jak i jego przyjazne dostosowanie dla środowiska ECB (Environmental Concept Bus). Duże znaczenie mają także: wygodny stopień, szeroko otwierające się drzwi, systemy bezpiecznego mechanizmu ich otwierania i zamykania oraz informacje dla pasażerów dotyczące postępowania w sytuacjach awaryjnych. Coraz większe znaczenie ma także: interaktywny układ wspierania kierowcy (Driver Interaction Support), systemy ostrzegania o męczenniu (Drowsy Driver Alert) oraz o dekoncentracji kierowcy (Distraction Alert), wspomaganie jazdy do przodu za pomocą inteligentnego tempomatu (Adaptive Cruise Control), system utrzymania pasa ruchu (Lane Keeping Support), system wspomaganie zmiany pasa ruchu (Lane Change Support), sprawdzanie prawidłowego napompowania opon - dzięki systemowi monitorowania ciśnienia w oponach (Tyre Pressure Monitor). Aby poprawić widoczność często światła przednie wyposaża się w reflektory ksenonowe, kamery i dobrze ustawione lusterka wsteczne z wbudowanymi lusterkami panoramicznymi.

Miasto Rzeszów zajmuje powierzchnię 116,4 km². Pod względem powierzchni wśród miast polski, Rzeszów zajmuje 20 miejsce w kraju. Liczba ludności wynosi 184 776 osób, a gęstość zaludnienia 1 588 osoby na km². W skali kraju, Rzeszów zajmuje 19 miejsce pod względem liczby ludności. Miasto obsługiwane jest przez autobusową komunikację zbiorową: Miejskie Przedsiębiorstwo Komunikacyjne Rzeszów Spółka z o.o. (MPK Rzeszów) i Międzygminną Komunikację Samochodową Rzeszów (MKS-PKS Rzeszów). Komunikacja

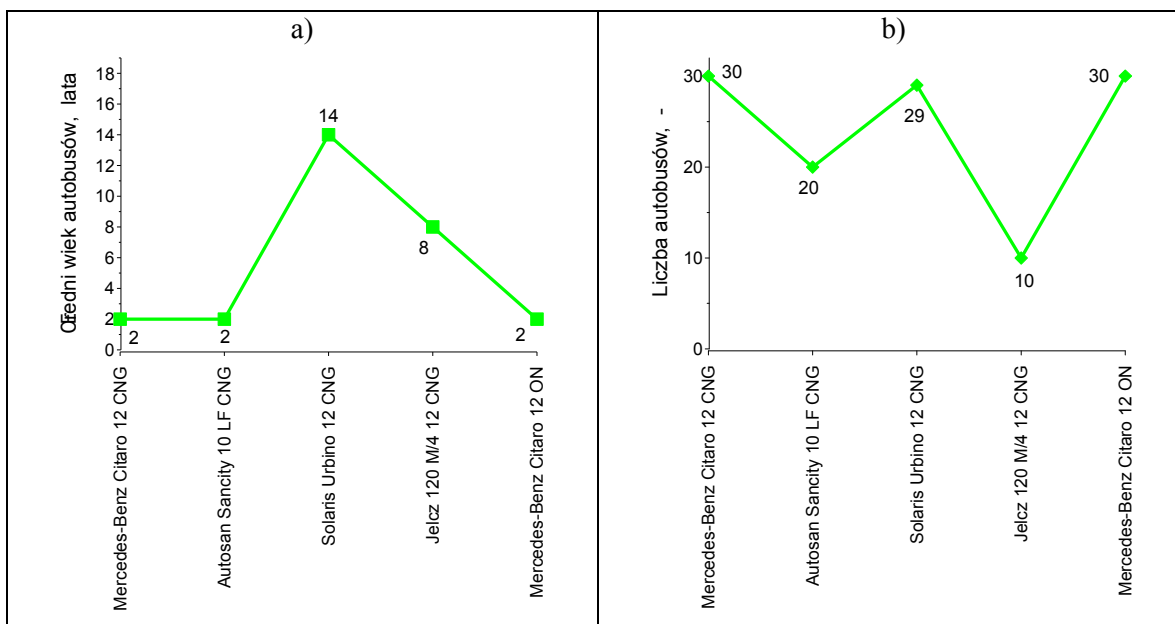
Tabela 1. Autobusy MPK Rzeszów w 2014 r.: wartości liczbowe uszkodzeń, przebiegów, zdarzeń drogowych oraz wieku [11]

Nazwa uszkodzonego układu autobusu	Rodzaj autobusu				
	Mercedes-Benz Citaro 12 CNG	Autosan Sancity 10 LF CNG	Solaris Urbino 12 CNG	Jelcz 120 M/4 12 CNG	Mercedes-Benz Citaro 12 ON
Układ hamulcowy	11	19	37	13	3
Układ elektryczny	41	36	63	26	35
Układ nadwozia	56	45	52	17	43
Układ przeniesienia napędu	4	6	5	4	1
Układ zawieszenia	3	5	8	12	0
Układ kierowniczy	15	10	14	11	9
Silnik z osprzętem	7	8	46	19	2
Układ jezdny	8	3	13	4	4
Liczba autobusów	30	20	9	6	20
Średnia wieku, lata	1,9	1,8	9,1	7,8	15,2
Liczba uszkodzeń autobusów LU	145	132	238	106	97
Liczba zdarzeń drogowych na 100 000 km	1,816	2,946	0,640	0,353	1,771
Liczba kolizji i wypadków LZ	5	7	3	2	4
Sumaryczny przebieg autobusów, km	275 410	237 639	468 498	567 072	225 825
Liczba ogółem autobusów	30	20	29	10	30

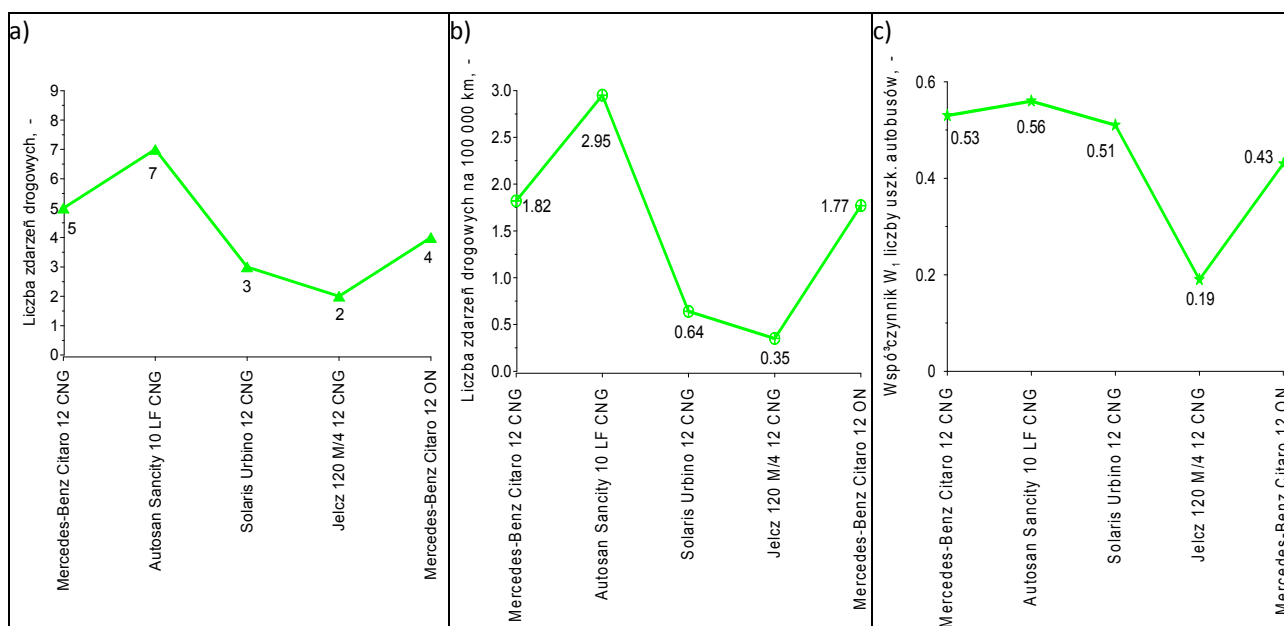
w mieście jest wspomagana systemem ITS [3, 4, 15, 16]. Struktura sieci drogowej Rzeszowa ma kształt promienisty i jest silnie zorientowana na centrum miasta. Liczba linii autobusowych MPK Rzeszów to 41 oraz 3 nocne. Łączna długość tras linii autobusowych wynosi 657 km. Na węzeł zewnętrznej komunikacji drogowej w obrębie Rzeszowa składają się: droga krajowa nr 4 – międzynarodowa E40 relacji Drezno – Zgorzelec – Wrocław – Katowice – Kraków – Rzeszów – Medyka – Lwów, droga krajowa nr 9 –

międzynarodowa E371 relacji Radom – Rzeszów – Barwinek – Koszyce, droga krajowa nr 19 – relacji Białystok – Lublin – Rzeszów – łącząca się dalej z drogą krajową nr 9. Przez północną część gminy przebiega dwutorowa zelektryfikowana linia kolejowa, będąca częścią międzynarodowej trasy E30, z przystankami w Świlczy, Rudnej Wielkiej i Trzciane. Miastem partnerskim Rzeszowa jest między innymi: Iwano-Frankowsk, Lwów i Łuck [9].

Strategia logistyczna zrównoważonego rozwoju miast UE uwzględnia problematykę bezpieczeństwa, kongestii, urbanizacji, hałasu, gazów cieplarnianych, zapylenia, mobilności, źródeł energii, rozwoju gospodarczego, migracji ludności, jakości życia, populacji ludności, bezpieczeństwa, ochrony zdrowia i inną [7, 8]. Proponowane w Unii Europejskiej i prezentowane przez Europejski Urząd Statystyczny, Eurostat, wskaźniki zrównoważonego rozwoju transportu są: zużycie energii w transporcie w relacji do PKB, poziom emisji gazów cieplarnianych i zmniejszenie wypadkowości [17, 21]. Bezpieczeństwo autobusu i bezpieczeństwo drogi jest rozpatrywane jak bezpieczeństwo czynne i bezpieczeństwo bierne [1, 5, 14, 18, 20]. Tworzenie spójnego systemu transportu w miastach jest zadaniem złożo-



Rys. 1. Charakterystyka eksploatacyjna autobusów MPK Rzeszów: a) średni wiek, b) liczba autobusów w grupie



Rys. 2. Charakterystyka eksploatacyjna autobusów MPK Rzeszów: a) liczba zdarzeń drogowych, b) liczba kolizji i wypadków na 100 000 kilometrów przebiegu, c) wartości wskaźnika W_1 liczby uszkodzeń autobusów

nym wymagającym rozwiązań kompleksowych [6, 10]. Projekty zintegrowanego rozwoju logistycznego miasta dążą do zwiększenia bezpieczeństwa, ochrony środowiska, ograniczenia zużycia energii i obniżki kosztów. Zawierają one metody umożliwiające zwiększanie mobilności, liczby samochodów osobowych i towarowych zasilanych niekonwencjonalnymi paliwami oraz o napędzie hybrydowym jak i zachęcają mieszkańców do korzystania ze środków transportu publicznego (zbiorowego).

Niezawodność maszyny, urządzeń oraz systemów to kombinacja trwałości, nieuszkodzalności, obsługiwalności, zapewnienia środków obsługi i przechowywalności. Termin niezawodność jest używany tylko do ich ogólnego nieliczbowego opisu (PN-N-50191:1993, PN-EN 61703:2005).

WARUNKI BADAŃ

Analizowano uszkodzenia i bezpieczeństwo systemów autobusów: układ hamulcowy, układ elektryczny, elementy nadwozia, układ przeniesienia napędu, układ zawieszenia, układ kierowniczy, silnik z osprzętem i układ jezdny (tab. 1, rys. 1-5).

Ocenę liczby uszkodzeń autobusów i ich układów, przypadającą na tysiąc kilometrów, w ciągu jednego roku użytkowania, przeprowadzono za pomocą wskaźników W_1 i W_2 (rys. 2c, 3a). Wskaźnik W_1 dotyczy liczby uszkodzeń autobusów,

$$W_1 = \frac{LU}{P} \cdot 10^3 \quad (1)$$

gdzie:

LU – liczba uszkodzeń autobusów, w badanym zbiorze, w ciągu 1 roku,

P – sumaryczny przebieg autobusów, w badanym zbiorze, ciągu 1 roku.

Wskaźnik liczby uszkodzeń wybranego układu (zespołu, podsystemu) autobusu na 1000 km W_2 wyznaczono z zależności

$$W_2 = \frac{LU^*}{P} \cdot 10^3 \quad (2)$$

gdzie:

LU^* – liczba uszkodzeń i-tego układu (zespołu, podsystemu) w ciągu 1 roku inicjujących zdarzenia niepożądane,

P – sumaryczny przebieg autobusów w badanym zbiorze, w ciągu 1 roku.

Poziom zagrożenia działania systemu transportu autobusowego, wynikający z uszkodzenia układu autobusu, wyznaczono za pomocą wskaźników W_3 i W_4 . Wskaźnik W_3 (rys. 4a) charakteryzuje poziom zagrożenia bezpieczeństwa systemu transportu wynikły z uszkodzenia układu (zespołu, podsystemu) autobusu w ciągu jednego roku.

Do wyznaczenia prawdopodobieństwo wystąpienia uszkodzenia analizowanego układu $P(U^*)$ (rys. 3b), posłużono się estymatą, na podstawie zależności:

$$P(U^*) = \frac{LU^*}{LU} \quad (3)$$

gdzie:

LU^* – liczba uszkodzeń wybranego układu autobusu, w ciągu 1 roku,

LU – liczba uszkodzeń w badanym zbiorze autobusów ($LU > 0$), w ciągu 1 roku.

W celu oceny zagrożenia bezpieczeństwa systemu transportowego, O , jakie stwarzają uszkodzenia poszczególnych układów autobusów, przeprowadzono badania ankietowe metodą oceny eksperckiej. Ankiecie poddano grupy pracowników: mechanicy stacji obsługi, diagności, kierowcy autobusów, dyspozytorzy ruchu autobusowego i brygadziści stacji obsługi [13]. Istotność wpływu uszkodzenia układów autobusów na zagrożenie bezpieczeństwa, oceniano w dziesięciostopniowej skali.

Wskaźnik W_3 , charakteryzuje ocenę poziomu zagrożenia bezpieczeństwa systemu transportowego wywołany intensywnością uszkodzeń układu autobusu w ciągu jednego roku (rys. 4a).

$$W_3 = \frac{LZ}{LU^*} \cdot P(U^*) \cdot O \quad (4)$$

gdzie:

LZ – liczby zdarzeń drogowych (kolizji i wypadków), w analizowanym zbiorze autobusów,

LU^* – liczba uszkodzeń wybranego układu (zespołu, podsystemu) autobusu w ciągu jednego roku,

$P(U^*)$ – prawdopodobieństwo wystąpienia uszkodzenia analizowanego układu,

O – ocena stopnia zagrożenia bezpieczeństwa systemu transportowego, jakie stwarza uszkodzenie analizowanego podzespołu autobusu (zakres oceny od 1 do 10).

Z kolei wskaźnik W_4 , charakteryzuje także ocenę poziomu zagrożenia bezpieczeństwa systemu transportowego wywołany intensywnością uszkodzeń układu autobusu w ciągu jednego roku (rys. 4b), lecz sposób jego obliczenie jest odmienny, jak powyżej. Wskaźnik W_4 opisuje zależność (5):

$$W_4 = \frac{LZ}{LU} \cdot P(U^*) \cdot O \quad (5)$$

gdzie:

LZ – liczba wszystkich zdarzeń niepożądanych,

LU – liczba uszkodzeń w badanym zbiorze autobusów w ciągu jednego roku,

$P(U^*)$ – prawdopodobieństwo wystąpienia uszkodzenia analizowanego układu,

O – ocena zagrożenia, jakie stwarza uszkodzenie analizowanego podsystemu autobusu [13].

Analizowane autobusy miejskie niskopodłogowe, Autosan Sancity 10LF, jednobryłowe dwuosiowe, o trzech drzwiach w układzie 2-2-2, mają długość 10 493 mm, szerokość 2 550 mm i wysokość 3 100 mm. Pojazdy producent, Autosan Sanok, zaopatrzył w 6-cylindrowy rzędowy silnik wysokoprężny Iveco NEF N60ENT o pojemności skokowej 5,9 dm³, mocy maksymalnej 194 kW (264 KM) osiąganą przy 2 500 obr/min oraz maksymalnym momencie obrotowym 1 000 Nm przy 1 250 obr/min, spełniający normę czystości spalin EEV. Jest to silnik zablokowany z 6-biegową automatyczną skrzynią biegów Allison T280R. W układzie jezdnym zastosowano niezależną oś przednią ZF RL75EC oraz tylny most portalowy ZF AV 132/80. Zawieszenie pojazdu sterowane jest przez elektroniczny system ECAS, pozwalający na regulowanie wysokości prześwitu podwozia oraz wykonanie przykłąku prawej strony nadwozia. Autobus ma układ hamulcowy z systemami bezpieczeństwa ABS, ASR i EBS oraz instalację elektryczną bazującą na magistrali CAN. Konstrukcję nadwozia wykonaną z rur stalowych kwadratowych i prostokątnych (stal podwyższonej odporności na korozję) łączonych ze sobą za pomocą spawania. Poszycie zewnętrzne z paneli aluminiowych oraz tworzyw sztucznych mocowane są do kratownicowego szkieletu nadwozia za pomocą metody klejenia. Pokrywy boczne są aluminiowe, z kolei ścianę czołową i tylną, wykonano z laminatu poliestrowo-szklanego oraz dach z poliestru. Do wykończenia ścian bocznych wnętrza oraz sufitu zastosowano płyty laminowane, natomiast podłogę pokryto wykładziną antypoślizgową. Autobus wyposażono w systemy gaszenia pożaru silnika, klimatyzację przestrzeni pasażerskiej i stanowiska kierowcy oraz systemy: monitoringu, zliczania liczby pasażerów, sprzedaży biletów i zestawy tablicowe diodowe z informacjami dla podróżnych oraz elektroniczne kasowniki.

Autobusy jednoczłonowe dwuosiowe, Mercedes-Benz O530 Citaro, klasy MAXI, w wersji niskowejściowej LE (Low-Entry) mają długość 11 950 mm, szerokość 2 550 mm, wysokość 2 869 mm, masę własną 10 770 kg, masę całkowitą 19 000 kg, rozstaw osi 5 845 mm oraz 3 drzwi w układzie 2-2-2. Silnik M 447 hLAG zasilany jest gazem ziemnym (pojemności skokowej 12 dm³, mocy 185 kW (252 KM) z momentem obrotowym maksymalnym 1050 Nm albo odpowiednio; 240 kW (326 KM) i 1250 Nm oraz skrzynie biegów 6-biegowe automatyczne ZF. Silnik posiada automatyczny system zapobiegania i gaszenia pożarów. Nadwozie zostało wykonane ze stali o podwyższonej jakości, zabezpieczonej przed korozją.

PRZEBIEG BADAŃ I WYNIKI POMIARÓW

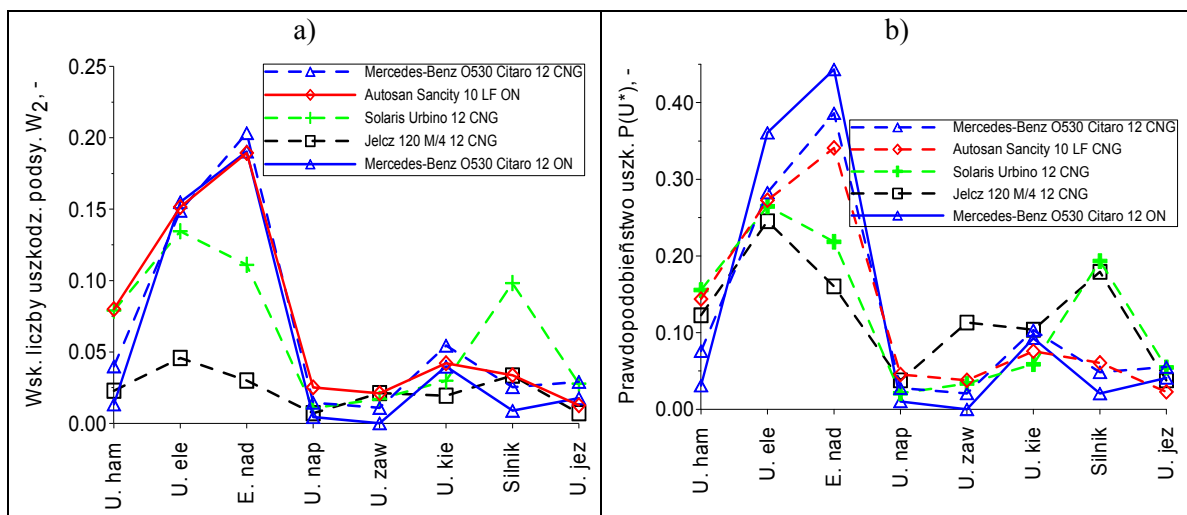
Nowe autobusy MPK Rzeszów mają średni wiek od 1,8 do 1,9 lat. Zostały zakupione z funduszy projektu Program Operacyjny Rozwój Polski Wschodniej na lata 2007-2013 [3]. Jest to najliczniejsza grupa autobusów zrównoważonego publicznego transportu zbiorowego miejskiej komunikacji samochodowej w Rzeszowie, licząca łącznie 119 autobusów (rys. 1, tab. 1). Są to nowoczesne autobusy zasilane w większości sprężonym gazem ziemnym. Dla celów porównawczych dołączono także autobusy Jelcz 120 M/4 12 CNG, Solaris Urbini 12 CNG oraz autobusy zasilane olejem napędowym - Mercedes-Benz Citaro O530 12 ON. Autobusy starsze, o łącznej liczbie 39 i średnim wieku 7,8-9,1 lat, to Solaris Urbino 12 CNG oraz Jelcz 120 M/4 12 CNG [11].

W tabeli 1 oraz na rysunkach 1-5 przedstawiono liczbę badanych autobusów, kolizji i wypadków oraz przebiegi autobusów jak i liczbę kolizji oraz wypadków na 100 000 kilometrów przebiegu analizowanych autobusów MPK Rzeszów w 2014 roku, odpowiednio. Wartości wskaźnika liczby uszkodzonych autobusów W_1 oraz wskaźnik liczby uszkodzonych układów autobusów W_2 są bardzo duże, dość niekorzystne dla wszystkich nowoczesnych autobusów MPK Rzeszów. Wskaźnik W_1 zawarty jest w granicy 0,43 do 0,56 oraz wskaźnik W_2 od 0,01 do 0,20. Zdecydowanie korzystniejszą nieuszkodzalność mają autobusy Jelcz 120 M/4 12 CNG. Wskaźnik W_1 wynosi bowiem 0,19 oraz wskaźnik W_2 od 0,01 do 0,05. Pośrednie wartości wskaźników W_1 , W_2 i $P(U^*)$ mają autobusy Solaris Urbino 12 CNG, za wyjątkiem silnika mającego dużą uszkadzalność i jej prawdopodobieństwo. Dużą uszkadzalność autobusów Mercedes-Benz O530 12 CNG i ON dotyczy zwłaszcza elementów nadwozia i układu elektrycznego (rys. 2, 3).

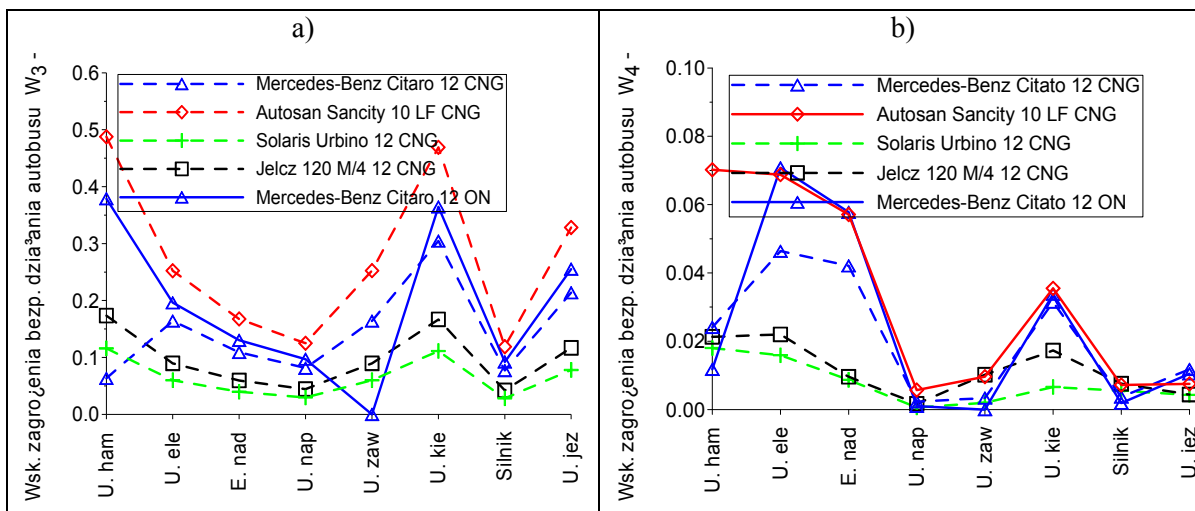
Prawdopodobieństwo wystąpienia uszkodzenia analizowanych zespołów autobusów $P(U^*)$, z MPK Rzeszów, jest największe dla nadwozia i układów: elektrycznego, hamulcowego oraz silnika (rys. 3b). Ten wskaźnik jest korzystniejszy i mały dla układu hamulcowego, napędowego, zawieszenia, jezdnego i silnika autobusów Mercedes-Benz O530 Citaro CNG. Z kolei jego wartość jest nieco większa dla pozostałych autobusów MPK Rzeszów - Autosan Sancity 10 LF CNG, Solaris Urbino 12 CNG i Jelcz 120 M/4 12 CNG. Jednocześnie autobusy Mercedes-Benz O530 12 CNG i ON charakteryzują się dużym prawdopodobieństwem uszkodzenia układu elektrycznego i nadwozia, zwłaszcza w porównaniu z autobusami Jelcz 120 M/4 12 CNG. Z dużej wartości uszkodzeń, wymienionych układów autobusów miejskich, jedynie uszkadzalność układu hamulcowego stwarza wysokie zagrożenie bezpieczeństwa systemu transportowego O [13].

Oceny poziomu zagrożenia działania systemu transportu MPK Rzeszów, na podstawie wartości poziom zagrożenia działania autobusu W_3 , zależność (3), oraz wartości poziom zagrożenia działania autobusu W_4 , zależność (4), charakteryzuje rysunek 4. Prezentacje wyników prowadzonych analiz kończy rysunek 5, porównujący procentowy udział uszkodzeń układów autobusów Mercedes-Benz Citaro 12 CNG i Autosan Sancity 10 LF CNG.

Liczba zdarzeń drogowych w MPK Rzeszów jest zdecydowanie mniejsza dla starszych konstrukcji autobusów - Solaris Urbino 12 CNG oraz Jelcz 120 M/4 12 CNG. Dotyczy to zarówno wartości liczbowej kolizji i wypadków w analizowanej grupie, jak i liczby kolizji i wypadków w przeliczeniu na 100 000 kilometrów przebiegu. Wynosi ona, bowiem 0,35-0,64 (rys. 2b). Autobusy Autosan Sancity 10 LF CNG mają liczbę zdarzeń drogowych na



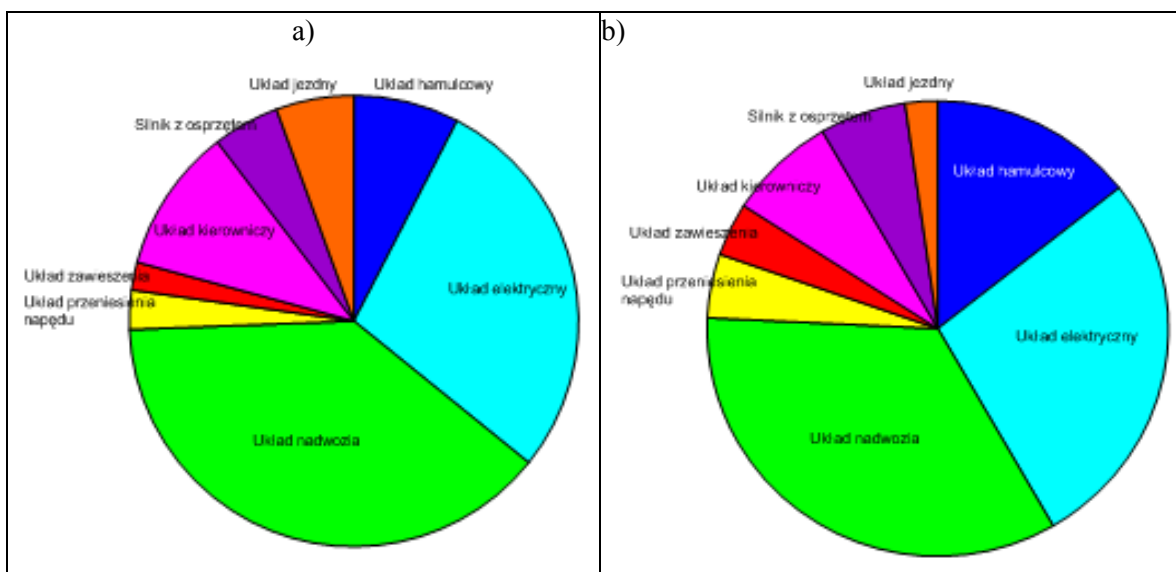
Rys. 3. Wartości wskaźników niezawodności operatora MPK Rzeszów: a) liczby uszkodzeń wybranego układu autobusu W_2 , b) wartości prawdopodobieństwo wystąpienia uszkodzenia analizowanych układów autobusu $P(U^*)$



Rys. 4. Wartości wskaźników poziomu zagrożenia bezpieczeństwa systemu transportu MPK Rzeszów: a) wynikłego z uszkodzeń układu autobusu w ciągu 1 roku W_3 , b) wynikłego z intensywności uszkodzeń układów autobusu w ciągu 1 roku W_4

100 000 km zdecydowanie większą, wynoszącą 2,95. Z kolei autobusy Mercedes-Benz O530 Citaro, 1,77-1,82 zdarzeń drogowych na 100 000 km. Należy zauważyć iż porównywalne autobusy MPK Wrocław, Mercedes-Benz O530 Citaro, mają nieco większą względną liczbę kolizji i wypadków, wynoszącą 2,07 zdarzeń drogowych na 100 000 km [12].

Poziom zagrożenia bezpieczeństwa działania autobusów, w wyniku uszkodzenia ich podsystemów i oceniany wskaźnikami W_3 i W_4 , jest zdecydowanie mniejszy w MPK Rzeszów niż w MPK Wrocław [11, 12]. W MPK Rzeszów występuje niska i tylko nieco większa wartość zagrożenia bezpieczeństwa działania autobusów W_3 w wyniku uszkodzenia układu hamulcowego, kierowniczego i jezdny (rys. 4). Małe i korzystne wartości wskaźnika zagrożenia bezpieczeństwa działania autobusów dotyczą pojazdów Solaris Urbino 12 CNG i Jelcz 120 M/4 12 CNG. Nieco większe wartości wskaźnika W_3 , mają z kolei autobusy Mercedes-Benz Citaro O530 12 ON oraz Autosan Sancity 10 LF CNG, wartość $W_3=0,03-0,12$ i $W_4=0,04-0,17$, odpowiednio. Poziom zagrożenia bezpieczeństwa działania autobusu, oceniany wartością wskaźnika W_4 , jest nieco większy w wyniku uszkodzenia układu elektrycznego, kierowniczego i nadwozia. Ma także zwiększoną wartość, do $W_4=0,07$, dla układu hamulcowego autobusu Autosan Sancity 10 LF CNG. Tym samym udział uszkodzeń układu hamulcowego autobusów Mercedes-Benz Citaro O530 oraz Autosan Sancity 10 LF

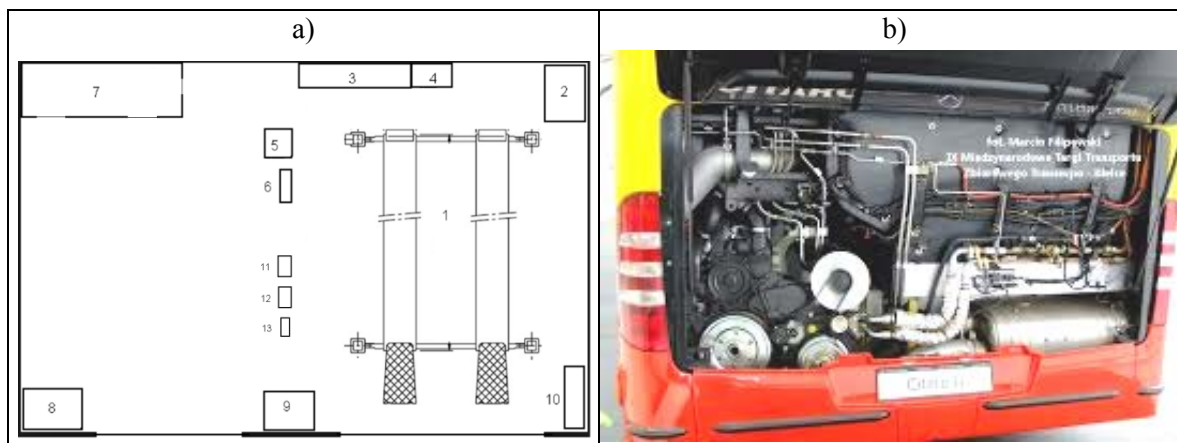


Rys. 5. Procentowy udział uszkodzeń układów autobusów jako przyczyna powstawania kolizji

i wypadków w MPK Rzeszów 2014 r.: a) Mercedes-Benz Citaro 12 CNG, b) Autosan Sancity 10 LF CNG CNG wykazuje największą różnicę w przyczynach powstawania kolizji i wypadków w MPK Rzeszów. Prawie dwukrotnie bardziej niekorzystnym jest układ hamulcowy Autosan Sancity 10 LF CNG. Procentowy udział uszkodzeń układu hamulcowego autobusów Mercedes-Benz Citaro 12 CNG oraz Autosan Sancity 10 LF CNG wykazuje największą różnicę w przyczynach powstawania kolizji i wypadków w MPK Rzeszów (rys. 5). Suma podanych wartości, czyli 100%, dotyczy kolizji i wypadków autobusów Mercedes-Benz Citaro 12 CNG (rys. 5a) oraz autobusów Autosan Sancity 10 LF CNG (rys. 5b). Uszkodzenia układu zawieszenia, kierowniczego, jezdnego, elektrycznego i silnika autobusów Benz Citaro 12 CNG i ON wywołują większe zagrożenie bezpieczeństwa drogowego niż uszkodzenia analogicznych układów autobusu Autosan Sancity 10 LF CNG. Z kolei korzystniejsze wartości procentowe dotyczą układu hamulcowego i napędowego.

Typowa obsługa codzienna autobusu miejskiego, o pracochłonności około 0,5 h obejmuje:

1. Sprawdzenie stanu ogólnego pojazdu – czystości pojazdu, uszkodzeń awaryjnych, ogumienia, obudowy reflektorów i lamp zespolonych oraz lusterek,
 2. Sprawdzenie i uzupełnienie poziom płynów eksploatacyjnych w zbiornikach, komorze silnika oraz dodatkowych zbiornikach, stanowiących zapas,
 3. Sprawdzenie i uzupełnienie poziomu oleju w misce olejowej,
 4. Sprawdzenie ciśnienia i stan technicznego koła zapasowego oraz jakości bezpieczników, żarówek i innego wyposażenia,
 5. Sprawdzenie stan układu kierowniczego,
 6. Sprawdzenie stan układu hamulcowego,
 7. Sprawdzenie stan działanie oświetlenia samochodu i kierunkowskazów.
- Dodatkowo obsługa codzienna (o częstotliwości, co najmniej raz na kwartał) zawiera:
8. Sprawdzenie stanu akumulatora i poziom elektrolitu (zwłaszcza po wymianie),
 9. Sprawdzenie stan ogumienia z uwzględnieniem rzeźby i równomiernego zużycia bieżnika opony (zużycie poniżej 2 mm decyduje o wymianie opony, nierównomierne zużycie to konieczność dodatkowego sprawdzenie stanu geometrii pojazdu),
 10. Sprawdzenie stan okładzin ciernych i klocków hamulcowych,
 11. Sprawdzenie luzów w łożyskach kół, przegubach i na obwodzie kierownicy,



Rys. 6. Stanowisko obsługi autobusu: a) rzut z góry hali obsługowej. Oznaczenia: 1 – podnośnik najazdowy, 2 – szafa narzędziowa, 3 – stół naprawczy, 4 – szafka narzędziowa, 5 – stanowisko elektryczne, 6 - stanowisko diagnozowania komputerowego, 7 – pomieszczenie socjalne, 8 – szafa ze smarami, 9 – szafa z olejami, 10 – rozdzielnia elektryczna, 11 – wózek z beczką oleju silnikowego, 12 – wózek z beczką oleju do automatycznej skrzyni biegów, 13 – wózek z beczką płynu, b) widok silnika w komorze tylnej autobusu podczas kontroli wzrokowej szczelności i nie powodującego przecierania ułożenie oraz właściwego położenia wszystkich przewodów oleju, paliwa, płynu chłodzącego, sprężonego powietrza i czynnika chłodniczego oraz stanu i napięcia paska wielorowkowego

12. Sprawdzenie przyczyny ewentualnych wycieków oleju i innych płynów.

Z kolei proces technologiczny obsługi codziennej, dla autobusów Mercedes-Benz Citaro, w zakresie szczelności i stanu technicznego silnika i skrzyni biegów obejmuje:

1. Sprawdzenie szczelności i stanu technicznego silnika i skrzyni biegów,
2. Sprawdzenie szczelności układu wydechowego pod względem stanu i stopnia szczelności,

3. Sprawdzenie wskaźnika serwisowego,
 4. Sprawdzanie szczelności chłodzi: płynu, oleju i powietrza doładowującego,
 5. Sprawdzenie szczelności i stanu technicznego tylnej osi,
 6. Sprawdzenie poziomu elektrolitu w akumulatorach,
 7. Sprawdzenie przyłączy,
 8. Sprawdzenie stanu amortyzatorów i stabilizatorów, wszystkich kół i osi, oraz smarowanie łożysk zwrotnic (raz w miesiącu),
 9. Kontrola stanu i naprężenia paska wielorowkowego,
 10. Kontrola działania instalacji drzwiowej,
 11. Kontrola poziomu oleju w zbiorniku wyrównawczym hydraulicznego układu kierowniczego,
 12. Kontrola stanu zbiorników wyrównawczych płynów eksploatacyjnych,
 13. Kontrola stanu przewodu ssącego pomiędzy filtrem powietrza a silnikiem.
- Ewentualne nieszczelności i uszkodzenia należy niezwłocznie usunąć podczas obsługi codziennej lub przekazać do odpowiedniego systemu napraw.

PODSUMOWANIE

W MPK Rzeszów zdecydowanie najkorzystniejszą nieuszkodzalność mały autobusy Jelcz 120 M/4 12 CNG, ocenianą wartością wskaźnika W_1 oraz W_2 . Stwierdzono w MPK Rzeszów dość duże i niekorzystne wartości wskaźników W_1 oraz W_2 , dla wszystkich nowoczesnych autobusów. Wskaźnik W_1 zawarty był dla nich w granicy od 0,43 do 0,56 oraz wskaźnik W_2 od 0,01 do 0,20. Z kolei korzystną wartość ma wskaźnik W_1 dla autobusów Jelcz 120 M/4 12 CNG, gdyż wynosi 0,19. Wskaźnik W_2 , miał wartość od 0,01 do 0,05. Dużą uszkodzalność autobusów miejskich MPK Rzeszów dotyczy zwłaszcza elementów nadwozia i układu elektrycznego. Dość wysokie i niekorzystne wartości ma wskaźnik uszkodzalności W_2 układu hamulcowego autobusów Autosan Sancity 10 LF ON i Solaris Urbino 12 CNG.

Analizowane autobusy Mercedes-Benz Citaro 12 ON i CNG charakteryzują się bardzo małą i korzystną uszkodzalnością, określą wskaźnikiem liczby uszkodzeń autobusów W_1 i ich układów konstrukcyjnych W_2 na 1000 km. Znalazło to bardzo duże uznanie przewoźników, o czym świadczy wysoka ich sprzedaż. Wskaźniki W_1 i W_2 są jednak wysoko zróżnicowane dla poszczególnych modeli autobusów, jak i zależą od generacji rozwiązania i wytwórni, co wynika z ich wartości w MPK Rzeszów i MPK Wrocław [11, 12].

Prawdopodobieństwo wystąpienia uszkodzenia układu autobusu $P(U^*)$ jest korzystne i bardzo małe w MPK Rzeszów, dla układów hamulcowego, napędowego, zawieszenia, jezdnego i silnika autobusów Mercedes-Benz Citaro 12 ON i CNG. Z kolei niekorzystne dla układu elektrycznego i napędowego, w porównaniu z autobusami Jelcz 120 M/4 CNG, Solaris Urbino 12 CNG i Autosan Sancity 10 LF CNG.

Liczba zdarzeń drogowych jest zdecydowanie mniejsza dla starszych konstrukcji autobusów MPK Wrocław i MPK Rzeszów, zarówno, co do ich liczby jak i w przeliczeniu na 100 000 km przebiegu. W Rzeszowie, autobusy Solaris Urbino 12 CNG oraz Jelcz 120 M/4 12 CNG zapewniają korzystniejsze bezpieczeństwo systemu transportu miejskiego niż nowo zakupione autobusy Mercedes-Benz Citaro O530 12 CNG, Autosan Sancity 10 LF CNG oraz Mercedes-Benz O530 Citaro 12 ON.

W MPK Rzeszów bardzo korzystne bezpieczeństwo działania mają autobusy Solaris Urbino 12 CNG, o małej wartości wskaźnika W_3 od 0,03 do 0,12 oraz wskaźnika W_4 od 0,001 do 0,018. Z kolei większy poziom zagrożenia bezpieczeństwa działania wszystkich autobusów MPK Rzeszów dotyczy układu hamulcowego, układu kierowniczego i układu jezdnego - zwłaszcza dla autobusów Autosan Sancity 10 LF CNG oraz Mercedes-Benz Citaro 12 ON.

Procentowy udział uszkodzeń układu hamulcowego autobusów Autosan Sancity 10 LF CNG jest prawie dwukrotnie większy w przyczynach powstawania kolizji i wypadków w MPK Rzeszów niż autobusów Mercedes-Benz Citaro 12 CNG.

LITERATURA

- [1] Dostępna komunikacja miejska. Samorząd równych szans. Fundacja Instytut Rozwoju Regionalnego, Kraków 2009.
- [2] Dyrektywa 2001/85/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 20 listopada 2001 r. odnosząca się do przepisów szczególnych dotyczących pojazdów wykorzystywanych do przewozu pasażerów i mających więcej niż osiem siedzeń poza siedzeniem kierowcy oraz zmieniająca dyrektywę 70/156/EWG i 97/27/WE. Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej 13/t. 29, L 42/1, 13.2.2002.
- [3] Ferenc T., Potyrański P.: Budowa systemu integrującego transport publiczny miasta Rzeszowa i okolic - Prezentacja projektu. Kongres Transportu Publicznego 2012, Warszawa, 26 września 2012.

- [4] Friedberg J., Szubra M., Zagórski J.: ANEKS do Zintegrowanego Planu Rozwoju Transportu Publicznego Rzeszowa na lata 2005-2013. Opracowane na podstawie materiałów i informacji Urzędu Miasta Rzeszowa, Biura Rozwoju Miasta Rzeszowa oraz MPK Rzeszów. Rzeszów, wrzesień 2005.
- [5] Jackiewicz J., Czech P., Barcik J.: Standardy jakości usług w komunikacji miejskiej - Część 1. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, Seria: Transport z. 67, Nr kol. 1832, 2010, 55-65.
- [6] Kaplan S., Prato, C.G.: Risk factors associated with bus accident severity in the United States: A generalized ordered logit model. *Journal of Safety Research* 43 (3), 2012, 71-180.
- [7] Kiba-Janik M.: Znaczenie logistyki w strategii rozwoju miasta. *Logistyka* 1, 2015, 18-24.
- [8] Koncepcja Przestrzennego Zagospodarowania Kraju 2030. Warszawa: Ministerstwo Rozwoju Regionalnego, 2012.
- [9] Kotarski H., Malicki K.: Stolica Podkarpacia wczoraj i dziś. Studium socjologiczne społecznych aspektów przemian w Rzeszowie w latach 1989-2009. Wydawnictwo Uniwersytetu Rzeszowskiego, Rzeszów 2013.
- [10] Krystek R. (red.): Zintegrowany system bezpieczeństwa transportu: praca zbiorowa T.1, T.2, T.3. WKiŁ, Gdańsk 2009, 2010.
- [11] Materiały wewnętrzne Miejskiego Przedsiębiorstwa Komunikacyjnego w Rzeszowie nt. wpływu uszkodzeń autobusów na bezpieczeństwo transportu miejskiego z roku 2014. Materiały wewnętrzne, niepublikowane.
- [12] Materiały wewnętrzne Miejskiego Przedsiębiorstwa Komunikacyjnego w Wrocławiu nt. wpływu uszkodzeń autobusów na bezpieczeństwo transportu miejskiego z roku 2014. Materiał wewnętrzne, niepublikowane.
- [13] Michalski J.: Bezpieczeństwo autobusów i transportu zależne od uszkodzeń eksploatacyjnych wybranych układów. Національний Транспортний Університет Київ, Висник Національного Транспортного Університету, Науково-технічний збірник, Київ, 30, 2014, s. 265-277.
- [14] Murray W., Newnam S., Watson B., Davey J., Schonfeld C.: Evaluating and improving fleet safety in Australia. Department of Transport and Regional Services Australian Transport Safety Bureau. Road Safety Research Grant Report 2003.
- [15] Plan zrównoważonego rozwoju publicznego transportu zbiorowego na lata 2014-2020 dla miasta Rzeszowa i gmin ościennych, które zawarły z gminą miasto Rzeszów porozumienia w zakresie organizacji transportu publicznego. Public transport consulting, Marcin Grodzki, Rzeszów, kwiecień 2014.
- [16] Plan zrównoważonego rozwoju publicznego transportu zbiorowego dla Województwa Podkarpackiego. Projekt do konsultacji społecznych. Blue Ocean Business Consulting Sp. z o.o., Warszawa, sierpień 2013.
- [17] Przybyłowski A.: Mierniki zrównoważonego rozwoju transportu. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, Seria: Transport z. 80 Nr kol. 1895, 2013, 79-87.
- [18] Reński A.: Bezpieczeństwo czynne samochodu: Zawieszenia oraz układy hamulcowe i kierownicze. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2011.
- [19] SafetyNet Work Package 3. State-of-the-art Report on Road Safety Performance Indicators. SafetyNet 2005.
- [20] Wicher J.: Bezpieczeństwo samochodów i ruchu drogowego. Wyd. 3 rozszerzone, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności WKŁ, Warszawa 2012.
- [21] Załoga E., Gozdek A.: Wskaźniki zrównoważonego rozwoju transportu w Unii Europejskiej – analiza zmian. *Logistyka* 6, 12710-12723, 2014.

STRESZCZENIE

MICHALSKI Jacek. Charakterystyka eksploatacyjna transportu publicznego autobusowego integrującego miasto Rzeszów i okolice / MICHALSKI Jacek // *Wisnyk Narodowego Uniwersytetu Transportu*. – K. : NTU, 2016. – № 35.

W artykule przedstawiono niezawodność i bezpieczeństwo autobusów miejskiej komunikacji samochodowej Rzeszowa i okolicy ocenioną na podstawie wartości prawdopodobieństwa uszkodzenia autobusów $P(U^*)$, względnej liczby uszkodzeń autobusów W_1 i ich podzespołów W_2 na 1000 km. Wyznaczono istotność wpływu uszkodzeń układów autobusów na zagrożenie bezpieczeństwa systemu transportowego O , poziom zagrożenia bezpieczeństwa transportu wynikającym z liczby kolizji i wypadków oraz liczby uszkodzeń układu autobusu w ciągu jednego 2014 roku za pomocą wskaźników W_3 i W_4 . Scharakteryzowano także zakres usług i narzędzia niezbędne do utrzymania stanu zdadności transportu publicznego. Wzięto pod uwagę autobusy zasilane olejem napędowym (ON) i sprężonym gazem ziemnym

(CNG); Autosan Sancity 10 LF CNG, Jelcz 120 M/4 12 CNG, Mercedes-Benz Citaro 12 CNG, Mercedes-Benz Citaro 12 ON oraz Solaris Urbino 12 CNG.

РЕФЕРАТ

МІХАЛЬСКИ Яцек. Експлуатаційні характеристики громадського автобусного транспорту в місті Жешув і на його околицях / МІХАЛЬСКИ Яцек // Вісник Національного транспортного університету. Серія “Технічні науки”. Науково-технічний збірник. – К.: НТУ, 2016. – Вип. 2 (35).

У статті представлена оцінка надійності і безпеки автобусів міського сполучення транспортної системи Вроцлава. Оцінювання проводилося із врахуванням вартості ймовірного пошкодження автобусів $P(U^*)$, відносного числа пошкодження автобусів W_1 і їх компонентів W_2 на 1000 км. Визначено значимість впливу пошкодження на безпеку транспортної системи O . Проаналізовано кількість автобусних пошкоджень протягом 2014 року з використанням показників W_3 і W_4 і виявлено, що рівень загрози безпеки на транспорті зростає у зв'язку із збільшенням кількості зіткнень і аварій. Охарактеризовано діапазон обслуговування і інструменти, необхідні для підтримки придатності громадського транспорту. Автобуси, що працюють на дизельному паливі і стисненому природному газі: Autosan Sancity 10 LF CNG Jelcz 120 M/4 12 Citaro CNG, Mercedes-Benz Citaro CNG 12 Mercedes-Benz Citaro 12 ПО і Solaris Urbino 12 CNG були взяті до уваги при вивченні даного питання.

ABSTRACT

MICHALSKI Jacek. Operating characteristics of bus public transport in Rzeszów and its suburbs. Visnyk National Transport University. Series “Technical sciences”. Scientific and Technical Collection. – Kyiv. National Transport University, 2016. – Issue 2 (35).

The article presents the reliability and safety of urban public buses in Rzeszów area assessed on the basis of the likelihood of to bus damages $P(U^*)$, the relative number of bus defects W_1 and their components W_2 per 1000 km. The significance of the impact of damage to the system bus transport system security O , the level of threat to the security of transportation resulting from the number of collisions and accidents and the number of bus damages during 2014 year using indicators W_3 and W_4 were determined. The range of maintenance and the tools necessary to maintain the suitability of public transport were also characterized. The buses powered by diesel (ON) and compressed natural gas (CNG); Autosan Sancity 10 LF CNG Jelcz 120 M/4 12 CNG Citaro, Mercedes-Benz Citaro CNG 12 Mercedes-Benz Citaro 12 ON and Solaris Urbino 12 CNG were taken into account.

AUTOR:

MICHALSKI Jacek, Prof. dr hab. inż, Politechnika Rzeszowska, Katedra Silników Spalinowych i Transportu, Al. Powstańców Warszawy 12, tel.: +48 17 865 1100, 35-959, Rzeszów, Polska

АВТОР:

МІХАЛЬСКИ Яцек, Професор, Доктор габілітований, Жешовська Політехніка, Кафедра двигунів внутрішнього згоряння і транспорту, Бульвар Повстанців Варшави 12, tel.: +48 17 865 1100, 35-959, Жешув, Польща

AUTHOR:

MICHALSKI Jacek, Rzeszow University of Technology, Department of Internal Combustion Engines and Transport, Warsaw Insurgents Boulevard 12, tel.: +48 17 865 1100, 35-959, Rzeszow, Poland

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Гришук Олександр Казимирович, кандидат технічних наук, професор, Національний транспортний університет, проректор з навчальної роботи, Київ, Україна.

Смешек М., доктор габілітований, професор, Жешовська Політехніка, завідувач кафедри кількісних методів, Жешув, Польща.

REVIEWERS:

Gryshuk O. K., Ph.D., Professor, National Transport University, Vice Rector for Academic, Kyiv, Ukraine.

Smieszek M., Prof. DSc, Rzeszow Polytechnic, Head of Department of Quantitative Methods, Rzeszow, Poland.