

BEZPIECZEŃSTWO AUTOBUSÓW I TRANSPORTU ZALEŻNE OD USZKODZEŃ  
EKSPLOATACYJNYCH WYBRANYCH UKŁADÓW

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

БЕЗПЕКА АВТОБУСІВ ТА ІНШИХ ВИДІВ ТРАНСПОРТУ  
ЗАЛЕЖНО ВІД ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ПОШКОДЖЕНЬ ВИБРАНИХ СИСТЕМ

МІХАЛЬСЬКІ Яцек, Доктор інженер, Жешовська Політехніка, Жешув, Польща

RELATIONSHIP OF BUS AND URBAN AND  
INTERCITY TRANSPORT DAMAGE TO OPERATING AND  
SAFETY FROM DAMAGES OF SELECTED OPERATING SYSTEMS

MICHALSKI Jacek, PhD., Rzeszow University of Technology, Rzeszow, Poland

**Wstęp.** Bezpieczeństwo jest priorytetowym kryterium funkcjonowania systemów transportowych. Dotyczy to w szczególności systemów transportu pasażerskiego należącego do klasy systemów socjotechnicznych. Bezpieczeństwo tych systemów uzależnione jest od niepożądanych oddziaływań ludzi usytuowanych w systemie i jego otoczeniu, niepożądanych oddziaływań obiektu technicznego oraz niepożądanych oddziaływań otoczenia [1].

Współzależności zachodzące między kołami z oponami, zawieszeniem oraz układem hamulcowym i kierowniczym oraz i ich wzajemna współpraca decyduje o ostatecznym poziomie bezpieczeństwa czynnego pojazdu i ruchu drogowego [2].

Transport publiczny odgrywa znaczącą rolę w transporcie miast. Zazwyczaj wiodącą rolę przejmują w dużych aglomeracjach transport szynowy - koleje, tramwaje i metro [3]. Pomimo to zawsze w tych strukturach transportu, realizowanego przez operatora lub przewoźnika, pojawia się też transport autobusowy - jest uzupełnieniem tych systemów transportu.

Przewozy realizowane przy użyciu autobusów stanowią w Polsce podstawę systemu komunikacji zbiorowej w większości miast, a także na trasach pomiędzy miejscowościami o mniejszej liczbie mieszkańców [4, 5]. Zdecydowanie mniej popularny jest publiczny transport zbiorowy: trolejbusowy, morski, żegluga śródlądowa, linowy-terenowy czy linowy podwieszany [6]. Transport autobusowy wyróżnia się od pozostałych rodzajów transportu tym, że zazwyczaj prowadzony jest w normalnym ruchu miejskim i międzymiastowym. Promowane są ekologicznie czyste i energooszczędne pojazdy transportu drogowego [6].

Pomimo zalet komunikacji autobusowej, jest ona źródłem różnego rodzaju zagrożeń, prowadzących do powstawania strat w wyniku zajścia pojedynczego zdarzenia niepożądanego.

**Przegląd literatury.** Współczesna sytuacja gospodarcza, silna konkurencja, rosnąca złożoność konstrukcji, skracanie cykli życia pojazdów oraz presja na ograniczanie kosztów powodują, że jakość także autobusów, kształtuje się poniżej oczekiwań nabywców. Z racji specyfiki użytkowania autobusów, deficyt jakości może wpływać nie tylko na użyteczność czy komfort, ale także na straty materialne, zdrowie i życie [7].

Szczegółowe wymagania jakości autobusu, określone w przepisach, dotyczą między innymi deformacji/wytrzymałości konstrukcji nośnej nadwozia i obszaru przestrzeni chronionej [8], konstrukcji układu hamulcowego, ogumienia, foteli i pasów bezpieczeństwa [9].

Intensywność eksploatacji autobusów wpływa na ich nieuszkodzalność, długość okresu ich użytkowania, koszty obsługi i napraw, wymagany czasem pracy kierowców. Głównym parametrem transportu, jest wielkość nakładów ponoszonych na obsługi i naprawy [10]. Analiza kosztów stanowi podstawę do podjęcia decyzji o likwidacji autobusu, zakupie nowego, ustaleniu stawki opłaty przewozowej i wyboru tras przejazdów.

W publikacji [11] zamieszczono rodzaje uszkodzeń układów bezpieczeństwa z grup awarii, które wystąpiły w przeciągu jednego roku w pojazdach komunikacji miejskiej. Układy bezpieczeństwa autobusów komunikacji miejskiej w Lublinie podzielono na trzy grupy: hamulcowy, kierowniczy i zawieszenie. Przebiegi pojazdów w przeciągu jednego roku, podzielonych na pięć grup i wynosiły do uszkodzenia układu

bezpieczeństwa od 14937,26 km do 24708,81 km. Ze względu na niespełnienie założeń klasycznej analizy wariancji (normalności) rozkładów zastosowano nieparametryczną analizę wariancji - test Kruskala-Wallisa. Stwierdzono, iż dla poziomu istotności testu ( $p=0,05$ ) nie można stwierdzić statystycznie, różnic między wartością średnią przebiegu kilometrowego pojazdów wykonaną pomiędzy kolejnymi naprawami dla analizowanych układów bezpieczeństwa.

Z kolei Rymarz i Niewczas [12] wykazali, iż w komunikacji miejskiej MPK Lublin, autobusy Solaris Urbino 12 i Mercedes-Benz 628 Conecto LF mają nieznaczne różnice niezawodności silnika, układu pneumatycznego i układu elektrycznego. Stwierdzono, że w obu typach autobusów intensywność uszkodzeń wzrasta wraz z przebiegiem pojazdu, przy czym wyższe wartości występują dla autobusu Solaris Urbino 12. Gęstość prawdopodobieństwa uszkodzeń w okresie eksploatacji (0-100 tys. km) jest wyższa dla autobusów marki Mercedes, a w okresie (100-210 tys. km) dla autobusów marki Solaris.

Częstą przyczyną uszkodzeń autobusów typu Volkswagen LT-46 i typu Jelcz M081MB (mikrobusy) jest nadmierne zużycie elementów, uszkodzenia instalacji elektrycznej oraz uszkodzenia połączeń ruchowych [13]. W autobusach Jelcz M081MB uszkodzenia te występują częściej, ponadto równie często w autobusach tych występują wycieki płynów eksploatacyjnych, zatarcie lub zablokowanie połączeń ruchowych.

Bezpieczeństwa działania systemu transportowego autobusowego miejskiego MZK Bydgoszcz (Miejskie Zakłady Komunikacyjne w Bydgoszczy), na podstawie analizy uszkodzeń autobusów przedstawił Bojar i Woropay [14, 15, 16]. Jako zdarzenie niepożądane przyjęto zdarzenie w wyniku zajścia, którego powstają straty materialne, bądź dochodzi do utraty zdrowia lub życia ludzi usytuowanych w systemie lub w jego otoczeniu. Przyczynami powstawania zdarzeń niepożądanych są: niewłaściwe działania ludzi znajdujących się w systemie i jego otoczeniu, niepożądane oddziaływania otoczenia oraz uszkodzenia środków transportu eksploatowanych w tym systemie.

Liczne są prace z zakresu nieuszkodzalności autobusów ich obsługiwalności i bezpieczeństwa eksploatacji [17, 18, 19, 20, 21].

Dominujący udział w przyczynach wypadków drogowych ma nieprawidłowe zachowanie się kierowców 68-73% [5]. Udział uszkodzeń technicznych pojazdu, w przyczynie powstawania wypadków drogowych wynosi: 27% [15, 21], 2% braki techniczne pojazdu lub 4,5% czynnik ludzki wraz ze stanem technicznym pojazdu [4, 5].

**Obiekt i przedmiot badań.** Obiektem badań były autobusy eksploatowane w rzeczywistym systemie komunikacji międzymiastowej i miejskiej. Natomiast przedmiotem badań jest wpływ uszkodzeń wybranych układów autobusów na powstawanie zagrożeń w tym systemie.

W publikacji podjęto próbę oceny zagrożeń powstających w procesie użytkowania autobusów, wynikających z nieprawidłowego funkcjonowania wybranych układów autobusów komunikacji międzymiastowej i miejskiej.

**Metodyka i warunki badań.** Badaniem objęto siedem typów autobusów międzymiastowych (tabela 1) i po pięć typów autobusów miejskich (tabela 2, 3). Ze 182 autobusów międzymiastowych i po 175 autobusów miejskich, odpowiednio losowo wybrano po pięć pojazdów każdego typu. Błąd względny wartości średniej i odchylenia standardowego dla ośmiu zamieszczonych właściwości autobusów, w tabelach, nie przekracza 20% odpowiednich wartości całej populacji badanej grupy pojazdów. Wybranymi autobusami międzymiastowymi były: Autosan H9-21, H9-41, A1010, Jelcz T120, Renault FR 1, Renault Master i Bova FHM. Z kolei badane autobusy miejskie to: Ikarus 280b, 260, 280, Jelcz JM181, M11 [14, 15] oraz Man NL 223, Solaris Urbino 12, 15, Jelcz 120M i M181MB.

Zgromadzone informacje w tabelach dotyczyły: liczby uszkodzeń i awarii poszczególnych układów autobusów w każdej analizowanej grupie, liczby kolizji i wypadków drogowych badanych pojazdów, sumarycznego przebiegu rocznego każdej analizowanej grupy autobusów. Do określenia liczby uszkodzeń badanych zbiorów autobusów, posłużono się danymi zamieszczonymi w książce zleceń napraw autobusu. Uszeregowano poszczególne układy, od najbardziej narażonych na usterki do mniej podatnych na awarie, występujące w czasie eksploatacji autobusów międzymiastowych. Z kolei analogiczne dane o autobusach miejskich zaczerpnięto z prac Woropay i Bojar [14, 15] i zamieszczono w tabeli 2.

Do zgromadzenia liczby kolizji i wypadków drogowych spowodowanych przez autobusy, w badaniach własnych analizowanych grup, posłużono się danymi zawartymi w zbiorach dokumentów z archiwum przewoźników oraz protokołów Zakładów Ubezpieczeń i sporządzanych wycen zaistniałych szkód. Określono liczbę kolizji i wypadków, których przyczyną powstania zdarzeń był stan ograniczonej zdadności badanych autobusów.

**Analiza uszkodzeń autobusów, zagrożenia i bezpieczeństwo systemu transportowego.** Ocenę liczby uszkodzeń autobusów i ich układów, przypadającą na tysiąc kilometrów, w ciągu jednego roku użytkowania, przeprowadzono za pomocą wskaźników  $W_1$  i  $W_2$ , gdzie:

$W_1$  - wskaźnik liczby uszkodzeń autobusu na 1000 km (rys. 1)

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

gdzie:  $LU$  - liczba uszkodzeń w badanym zbiorze autobusów w ciągu 1 roku,  
 $P$  - sumaryczny przebieg autobusów w badanym zbiorze ciągu 1 roku.

$W_2$  - wskaźnik liczby uszkodzeń wybranego układu autobusu na 1000 km obrazuje rysunek 2.

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

gdzie:  $LU^*$  - liczba uszkodzeń wybranego układu autobusu w ciągu 1 roku.  
 $P$  - sumaryczny przebieg autobusów w badanym zbiorze ciągu 1 roku.

W celu oceny zagrożenia bezpieczeństwa systemu transportowego,  $O$ , jakie stwarzają uszkodzenia poszczególnych układów autobusów (rys. 3), przeprowadzono badania ankietowe metodą oceny eksperckiej [22]. Badaniu ankietowemu poddano 100 pracowników, wybranych spośród pracowników przedsiębiorstwa PKS Krosno i MPK Rzeszów. Ankiecie poddano grupy pracowników: mechanicy stacji obsługi, diagności, kierowcy autobusów, dyspozytorzy ruchu autobusowego i brygadziści stacji obsługi. Istotność wpływu uszkodzenia układów autobusów na zagrożenie bezpieczeństwa, oceniano w dziesięciostopniowej skali:

1-2 - uszkodzenie układu nie powoduje zagrożenia bezpieczeństwa,

3-5 - uszkodzenie układu raczej nie powoduje zagrożenia bezpieczeństwa,

6-8 - uszkodzenie układu raczej powoduje zagrożenia bezpieczeństwa,

9-10 - uszkodzenie układu powoduje zagrożenia bezpieczeństwa.

Prawdopodobieństwo wystąpienia uszkodzenia analizowanego układu (rys. 4) wyznaczono estymatorem, na podstawie zależności:

$$P(U^*) = LU^* / LU \quad (4)$$

gdzie:

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

$LU$  - liczba uszkodzeń w badanym zbiorze autobusów w ciągu 1 roku.

Poziom zagrożenia działania autobusu, wynikający z uszkodzenia układu autobusu, oceniono za pomocą wskaźników  $W_3$  i  $W_4$  (rys. 5, 6). Wskaźnik  $W_3$  charakteryzuje poziom zagrożenia bezpieczeństwa systemu transportu wynikły z uszkodzenia układu autobusu w ciągu 1 roku. Po podstawieniu zależności (4) przyjmuje ostateczną postać:

$$W_3 = \frac{LZ}{LU^*} \cdot P(U^*) \cdot O = \frac{LZ}{LU} \cdot O \quad (3)$$

gdzie:  $LZ$  - liczby zdarzeń drogowych (kolizji i wypadków) w analizowanym zbiorze autobusów,

$LU^*$  - liczba uszkodzeń wybranego układu autobusu w ciągu roku,

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

$O$  - ocena stopnia zagrożenia bezpieczeństwa systemu transportowego (rys. 3), jakie stwarza uszkodzenie analizowanego układu (1-10).

Z kolei wskaźnik  $W_4$  charakteryzuje ocenę poziomu zagrożenia bezpieczeństwa systemu transportowego wywołany intensywnością uszkodzeń układu autobusu w ciągu 1 roku podczas tysiąca kilometrów przebiegu. Wskaźnik  $W_4$  opisuje zależności:

$$W_4 = \frac{LZ \cdot LU^* \cdot O}{LA \cdot P} \cdot 10^3 \quad (5)$$

$LZ$  - liczba wszystkich zdarzeń niepożądanych,

$LU^*$  - liczba uszkodzeń i-tego układu (podsystemu) inicjujących zdarzenia niepożądane,

$O$  - ocena zagrożenia, jakie stwarza uszkodzenie analizowanego podsystemu autobusu (1-10),

gdzie: 1 - oznacza zespół nieistotny autobusu, którego uszkodzenie nie stwarza zagrożenia bezpieczeństwa działania systemu transportu;

10 - oznacza zespół istotny autobusu, którego uszkodzenia powodują niepożądany stan zagrożenia bezpieczeństwa działania systemu transportu i stanowią przyczynę wypadku drogowego,

$LA$  - liczba autobusów w badanym zbiorze,

$P$  - sumaryczny przebieg autobusów w badanym zbiorze ciągu 1 roku.

Analizowano uszkodzenia systemów autobusów: układ hamulcowy, układ elektryczny, elementy nadwozia, układ przeniesienia napędu, układ zawieszenia, układ kierowniczy, silnik z osprzętem i układ jezdny. Uszeregowanie wynika z malejącego prawdopodobieństwa występowania uszkodzeń w autobusach międzymiastowych (rys. 4a).

**Wyniki badań.** Wyniki obliczeń wartości wskaźnika liczby uszkodzonych autobusów międzymiastowych i miejskich  $W_1$  przedstawiono na rys. 1. Liczba uszkodzonych autobusów (tabela 1, 2 i 3), jak i wskaźnik  $W_1$  liczby uszkodzonych autobusów na 1000 km, przebiegu są zdecydowanie większe dla autobusów miejskich MZK Bydgoszcz ( $W_1=0,90-2,17$ ) a mniejsze zbliżone dla autobusów międzymiastowych ( $W_1=0,52-1,53$ ) i MPK Rzeszów (Miejskie Przedsiębiorstwo Komunikacyjne w Rzeszowie) ( $W_1=0,74-1,49$ ). Szczególnie dużą wartość wskaźnika liczby uszkodzeń na 1000 km ma autobus miejski Ikarus 260 i zbudowany na jego licencji autobus Jelcz M11 ( $W_1=2,17$ ,  $W_1=2,02$ ). Zdecydowanie mniejsze wartości stwierdzono dla autobusów Jelcz JM181 i Ikarus 280b ( $W_1=0,90-1,03$ ). Są one jednak znacznie większe niż dla autobusów międzymiastowych Bova FHM, Renault FR 1 i Autosan A1010 ( $W_1=0,52$ ,  $W_1=0,73$  i  $W_1=0,78$  odpowiednio). Na wartość wskaźnika  $W_1$  ma także wpływ stosunkowo mały przebieg autobusów MPK Rzeszów, w porównaniu z PKS Krosno a zwłaszcza z MZK Bydgoszcz (tabela 1, 2, 3).

Z kolei rysunek 2 przedstawia wartości wskaźnika  $W_2$  liczby uszkodzonych układów autobusów międzymiastowych i miejskich. Największa liczba uszkodzeń dotyczy układu hamulcowego. Dotyczy to zarówno autobusów międzymiastowych jak i miejskich. Pewne odchylenia od tej zasady występują dla autobusu przegubowego 18 metrowego, Jelcz M 181 MB. Pozostałe układy o stosunkowo mniejszej liczbie uszkodzeń  $W_2$  to: układ elektryczny, elementy nadwozia, układ przeniesienia napędu, układ zawieszenia, układ kierowniczy, silnik z osprzętem (za wyjątkiem autobusu Jelcz M181MB z silnikiem Mercedes-Benz OM457hLA) i układ jezdny. Wartości wskaźników liczby uszkodzeń układów autobusów międzymiastowych PKS Krosno i miejskich MPK Rzeszów na 1000 km przebiegu  $W_2$  są zbliżone, z kolei miejskich MZK Bydgoszcz większe. Różnice dotyczą zwłaszcza układu przeniesienia napędu autobusów miejskich Ikarus (te autobusy ma największą uszkażdzalność). W grupie autobusów międzymiastowych największym prawdopodobieństwem uszkodzenia układów charakteryzuje się autobus Autosan H9-21.

Wyniki ocen ankietowych u przewoźników, co do stopnia zagrożenia,  $O$ , jakie stwarza uszkodzenie układu autobusu były nieco odmienne dla autobusów miejskich i międzymiastowych, co do wpływu silnika z osprzętem, układu zawieszenia, układu przeniesienia napędu, układu elektrycznego i elementów nadwozia [14, 15, 22]. Są one z kolei zgodne, ze zespołami wpływającymi w dużym stopniu na stopień zagrożenia systemu transportowego wynikający z uszkodzenia autobusów międzymiastowych i miejskich tj. układu hamulcowego, układu kierowniczego i układu jezdny. Przejęto jednak do analizy autobusów miejskich i międzymiastowych ich jednakowe wartości (rys. 3). Wynika to z celu pracy jak i dużej reprezentatywnej, wiarygodnej grupy ankietowanych [22].

Z danych zamieszczonych w tabeli 2 i pracach [14, 15] wynika, że dużo zdarzeń drogowych było spowodowane przez autobusy miejskie Jelcz JM181, Jelcz M11 (wysokopodłogowy HF), Ikarus 280 i Ikarus 260. Dotyczy to także autobusów miejskich i międzymiastowych Jelcz 120M, Man NL 223 i Autosan H9-21 (tabela 1, 3). Autobusy Autosan H9-21 charakteryzowały się największą awaryjnością (453 awarii w roku) spośród autobusów międzymiastowych. Jednocześnie grupa autobusów Autosan H9-21 miała mały przebieg (czwarty, co do wartości przebieg z wszystkich autobusów międzymiastowych). Przebiegi grupy autobusów międzymiastowych wynosiły 232546-425961 km (średni 323055 km) i były nieco mniejsze od przebiegów autobusów miejskich MPK Rzeszów wynoszących 103600-626843 km (średni 357325 km). Z kolei przebiegi autobusów MZK Bydgoszcz były zdecydowanie większe 373665-626843 km (średni 477390 km). Wszystkie autobusy miejskie miały znacznie więcej awarii (od 154 do 979 w ciągu roku). Miały także nieco większy średni wiek 13,4 lat, w porównaniu z autobusami międzymiastowymi 12,3 lat.

Tabela 1. Zestawienie właściwości użytkowych, wartości przebiegów, wieku, liczby kolizji i wypadków oraz liczby uszkodzeń układów analizowanych autobusów międzymiastowych PKS Krosno w roku 2008 [22]

Właściwości użytkowe autobusów	Grupy analizowanych autobusów						
	Auosan H9-21, klasa A, dwuosiove	Autosan H9-41, klasa A, dwuosiove	Autosan A1010, klasa A, dwuosiove	Jelcz T120, klasa B, dwuosiove	Renault FR1, klasa B, dwuosiove	Renault Master, klasa II, dwuosiove	Bova FHM, klasa B, dwuosiove
1. Maksymalna długość, m	10.0	10.0	10.59	12.0	12.0	5.57	12.0
2. Masa całkowita, kg	12.5	12.5	14.0	16.0	17.39	3.5	18.0
3. Miejsc siedzących, -	39	40	42	50	54	16	45
4. Miejsc stojących, -	12	12	-	-	-	-	-
5. Poziom podłogi umowny, -	HF	HF	MF	MF	MF	MF	MF
6. Układ drzwi, -	1-0-1	1-0-1	1-0-1	2-0-1	2-0-1	1-0-0	2-0-1
7. Wielkość autobusu umowna, -	midi	midi	midi	maxi	maxi	mini	maxi
8. Wyposażenie bezpieczeństwa, -	-	-	ABS, EBS	ABS	ABS	ABS	ABS
Uszkodzony układ	Liczba uszkodzeń wybranego układu autobusu w ciągu 1 roku LU*						
Układ hamulcowy	132	94	56	74	61	66	46
Układ elektryczny	85	73	69	62	73	58	55
Elementy nadwozia	81	68	54	65	67	51	38
Układ przeniesienia napędu	47	36	34	33	28	24	17
Układ zawieszenia	30	26	27	22	20	15	20
Układ kierowniczy	30	24	19	20	15	20	21
Silnik z osprzętem	29	29	13	18	14	11	19
Układ jezdny	19	15	13	16	10	9	7
Liczba uszkodzeń w badanym zbiorze autobusów w ciągu 1 roku LU	453	365	285	310	288	254	223
Liczba zdarzeń (kolizji i wypadków) LZ	4	2	1	2	2	1	1
Średnia wieku, lata	18	12	7	10	16	11	12
Sumaryczny przebieg autobusów w badanym zbiorze w ciągu 1 roku P, km	296184	288942	365261	256843	395645	232546	425961

Prawdopodobieństwo uszkodzeń układów autobusów  $P(U^*)$  międzymiastowych i miejskich (rys. 4) jest jakościowo zbliżone do wskaźnika liczby uszkodzeń układów autobusów  $W_2$  (rys. 2). Wyjątkiem jest autobus miejski Ikarus 280b, w którym prawdopodobieństwo uszkodzenia układu elektrycznego jest większe niż układu hamulcowego autobusu Ikarus 280 (0,32 i 0,29 odpowiednio). Należy stwierdzić, że prawdopodobieństwo uszkodzenia układu hamulcowego  $P(U^*)$ , układu elektrycznego, elementów nadwozia i układu przeniesienia napędu autobusów miejskich jest większe i bardziej zróżnicowane niż autobusów międzymiastowych. Ma ono zakres wartości od 0,01 do 0,32.

Tabela 2. Zestawienie właściwości użytkowych, wartości przebiegów, liczby kolizji i wypadków oraz liczby uszkodzeń układów analizowanych autobusów miejskich MZK Bydgoszcz w roku 1999 [14, 15]

Właściwości użytkowe autobusów	Grupy analizowanych autobusów				
	Ikarus 280b, klasa A, dwusegmentowe przegubowe	Ikarus 260, klasa A, dwuosiove	Ikarus 280, klasa A, dwusegmentowe przegubowe	Jelcz JM181, klasa A, dwusegmentowe przegubowe	Jelcz M11, klasa A, dwuosiove
1. Maksymalna długość, m	20.8	11.0	16.5	17.98	11.0
2. Masa całkowita, kg	22.5	16.0	22.5	26.6	16.0
3. Miejsc siedzących, -	37	21	35	44	30
4. Miejsc stojących, -	109	76	110	136	80
5. Poziom podłogi umowny, -	MF	MF	MF	LF	MF
6. Układ drzwi, -	2-2-2-2	2-2-2	2-2-2-2	2-2-2-1	2-2-2
7. Wielkość autobusu umowna, -	mega	maxi	mega	mega	maxi
8. Wyposażenie bezpieczeństwa, -	-	-	-	ABS, ASR	-
<b>Uszkodzony układ</b>	<b>Liczba uszkodzeń wybranego układu autobusu w ciągu 1 roku <math>LU^*</math></b>				
Układ hamulcowy	166	262	183	97	217
Układ elektryczny	206	196	120	163	167
Elementy nadwozia	167	180	99	125	184
Układ przeniesienia napędu	35	213	116	8	134
Układ zawieszenia	16	19	19	25	15
Układ kierowniczy	1	17	14	16	13
Silnik z osprzętem	37	67	33	37	39
Układ jezdny	16	24	37	13	31
Liczba uszkodzeń w badanym zbiorze autobusów w ciągu 1 roku $LU$	<b>644</b>	<b>979</b>	<b>622</b>	<b>484</b>	<b>800</b>
Liczba zdarzeń (kolizji i wypadków) $LZ$	2	5	6	8	6
Średnia wieku, lata	18	12	7	10	16
Sumaryczny przebieg autobusów w badanym zbiorze w ciągu 1 roku $P$ , km	626843	450973	373665	539836	395631

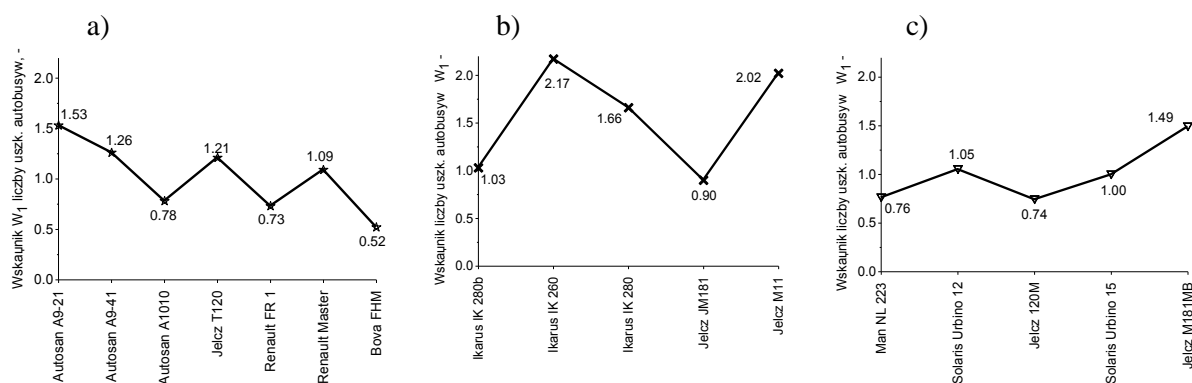
Szczególnie duże różnice oceny, za pomocą wskaźnika poziomu zagrożenia działania  $W_3$  (rys. 5), dotyczą autobusów międzymiastowych i miejskich. We wszystkich autobusach największe zagrożenie działania stwarza układ hamulcowy, kierowniczy i jezdny (autobusy międzymiastowe  $W_3=0,007-0,082$  i autobusy miejskie  $W_3=0,007-0,29$ ). Największe zagrożenie stwarzają autobusy miejskie Man NL 223, Jelcz 120M oraz Jelcz JM181 (rys. 5), na podstawie wskaźnika poziomu zagrożenia bezpieczeństwa systemu transportu  $W_3$  w ciągu 1 roku. Zdecydowanie mniejsze jego wartości mają autobusy międzymiastowe.

Najkorzystniejszą wartość wskaźnika  $W_3$  dla wszystkich autobusów międzymiastowych ma autobus Autosan A1010 i Bova FHM, wynika to także z wartości wskaźnika  $W_4$ . Wskaźnik  $W_3$  poziomu zagrożenia bezpieczeństwa systemu transportu ma duże i niekorzystne wartości dla układu hamulcowego, kierowniczego i jezdny.

Z kolei wskaźnik  $W_4$  oceny poziomu zagrożenia bezpieczeństwa systemu transportowego wywołanego uszkodzeniami układu autobusu podczas tysiąca kilometrów przebiegu, ma duże wartości dla autobusów miejskich starej konstrukcji Jelcz M11, Ikarus 280, 260, Jelcz JM 181 oraz nowoczesnego autobusu miejskiego Solaris Urbino 15. Autobusy międzymiastowe mają znacznie mniejsze korzystniejsze wartości wskaźnika  $W_4$ . Niekorzystną wartość ma jedynie bardzo stara konstrukcja autobusu Autosan H9-21, wynika to także z wartości wskaźnika  $W_3$ . Wskaźnik  $W_4$  wskazuje na zagrożenie bezpieczeństwa zwłaszcza uszkodzeniem układu hamulcowego i kierowniczego.

Tabela 3. Zestawienie właściwości użytkowych, wartości przebiegów, wieku, liczby kolizji i wypadków oraz liczby uszkodzeń układów analizowanych autobusów miejskich MPK Rzeszów w roku 2012

Właściwości użytkowe autobusów	Grupy analizowanych autobusów				
	Man NL 223, klasa A, dwuosiose	Solaris Urbino 12, klasa A, dwuosiose	Solaris Urbino 15, klasa A, trzyosiose	Jelcz 120M, klasa A, dwuosiose	Jelcz M181MB, klasa A, dwusegmentowe przegubowe
1. Maksymalna długość, m	11.95	12.0	14.59	12.0	17.98
2. Masa całkowita, kg	11.5	18.0	24.0	16.0	28.0
3. Miejsc siedzących, -	39	32	46	34	44
4. Miejsc stojących, -	69	72	127	76	136
5. Poziom podłogi umowny, -	LF	LF	LF	MF	LF
6. Układ drzwi, -	2-2-2	2-2-2	2-2-2	2-0-1	2-2-2-2
7. Wielkość autobusu umowna, -	maxi	maxi	mega	maxi	mega
8. Wyposażenie bezpieczeństwa, -	ABS, ASR, EBS, ESP	ABS, ASR, EBS	ABS, ASR, EBS, ESP	ABS	ABS, ASR
Uszkodzony układ	Liczba uszkodzeń wybranego układu autobusu w ciągu 1 roku <i>LU</i> *				
Układ hamulcowy	33	31	56	64	17
Układ elektryczny	49	52	42	51	43
Elementy nadwozia	51	47	33	13	11
Układ przeniesienia napędu	4	12	17	22	18
Układ zawieszenia	22	31	6	47	16
Układ kierowniczy	9	27	16	29	11
Silnik z osprzętem	28	43	31	32	36
Układ jezdny	6	14	4	13	2
Liczba uszkodzeń w badanym zbiorze autobusów w ciągu 1 roku <i>LU</i>	<b>202</b>	<b>257</b>	<b>205</b>	<b>271</b>	<b>154</b>
Liczba zdarzeń (kolizji i wypadków) <i>LZ</i>	5	3	2	6	1
Średnia wieku, lata	11	12	13	18	17
Sumaryczny przebieg autobusów w badanym zbiorze w ciągu 1 roku <i>P</i> , km	267175	243775	205695	366055	103600

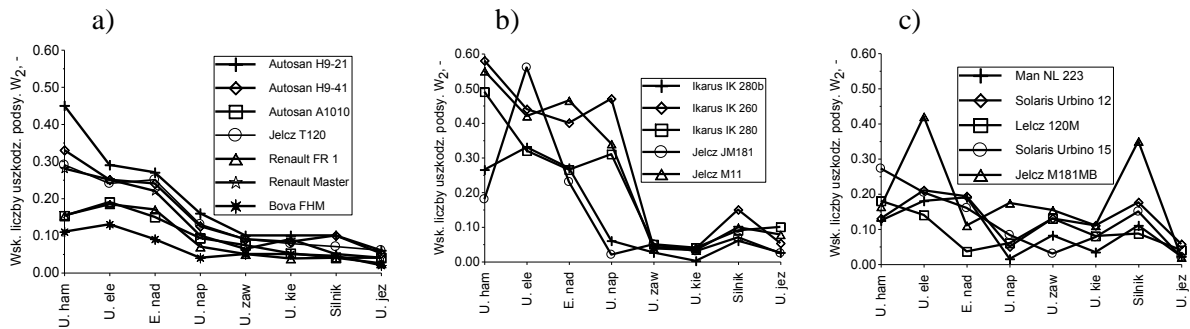


Rys. 1. Wartości wskaźnika  $W_1$  liczby uszkodzonych autobusów na 1000 km: a) międzymiastowych PKS Krosno, b) miejskich MZK Bydgoszcz, c) miejskich MPK Rzeszów

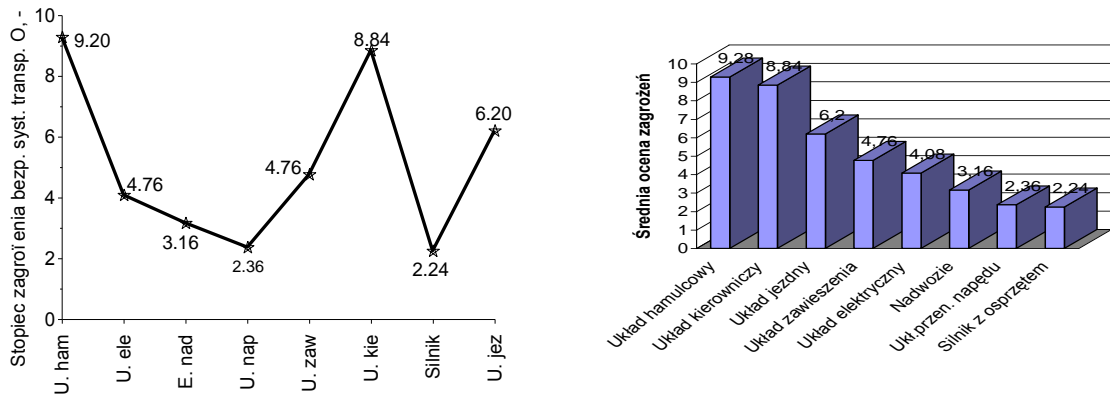
W starszych konstrukcjach wskazuje także na zagrożenie bez pieczeństwa przez układ elektryczny, nadwozie i układ napędowy.

Należy jedna zauważyć, iż wskaźnik  $W_3$  zależy od oceny ekspertów  $O$ , jak i braną przez nich pod uwagę liczbę zdarzeń drogowych  $LZ$  i liczbę uszkodzeń autobusów  $LU$  (3). Z kolei wskaźnik oceny poziomu zagrożenia bezpieczeństwem systemu transportowego  $W_4$  (5) uwzględnia dodatkowo przebieg autobusu.

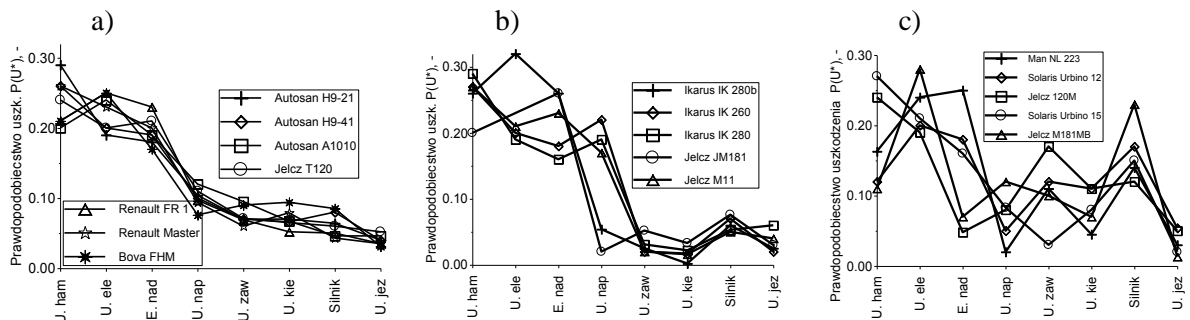
Jest bardzo niepokojące, że autobusy nowoczesne mają wysokie zagrożenie działania. Przykładowo jest to nowoczesny autobus miejski Jelcz 120M, 12-metrowy średniopodłogowy (MF), będący modernizacją szeroko rozpowszechnionego w Polsce Jelcza PR110M. Także niekorzystną ocenę bezpieczeństwa ma niskopodłogowy (LF) autobusy Man NL 223, który jest autobusem 12-metrowym III generacji.



Rys. 2. Wartości wskaźnika  $W_2$  liczby uszkodzonych układów autobusów: a) międzydzielowych PKS Krosno, b) dzielowych MZK Bydgoszcz, c) dzielowych MPK Rzeszów

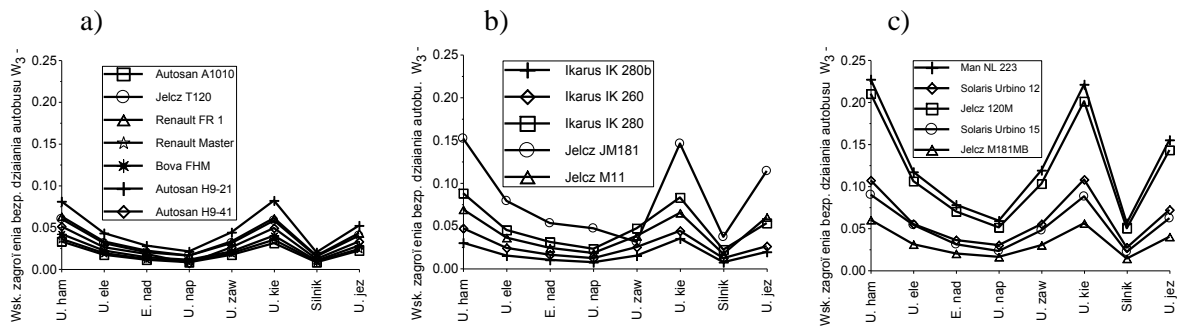


Rys. 3. Średnie wartości ocen zagrożenia bezpieczeństwem systemu transportowego,  $O$ , jakie stwarza uszkodzenie układów autobusów międzydzielowych i dzielowych

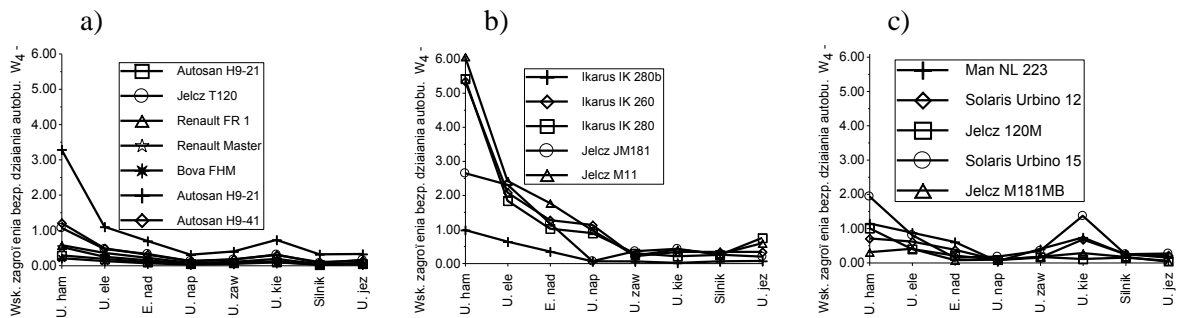


Rys. 4. Wartości prawdopodobieństwa wystąpienia uszkodzenia układów autobusów  $P(W^*)$ : a) międzydzielowych PKS Krosno, b) dzielowych MZK Bydgoszcz, c) dzielowych MPK Rzeszów

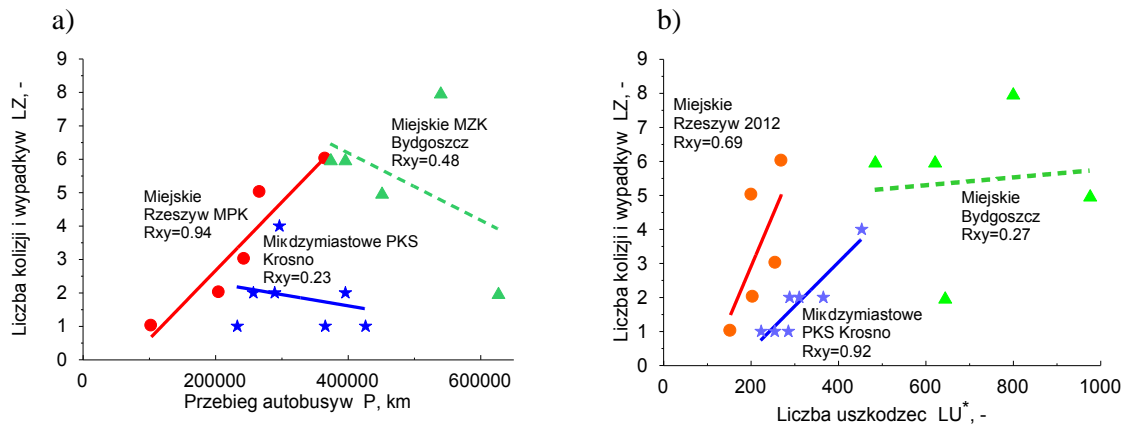




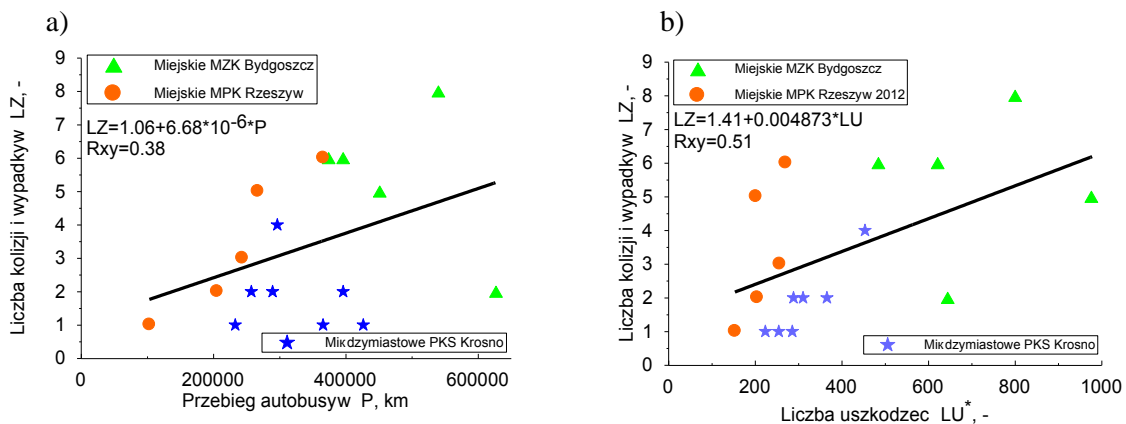
Rys. 5. Wartości wskaźnika  $W_3$  oceny poziomu zagrożenia działania wynikające z uszkodzenia układu autobusów: a) międzymiastowych PKS Krosno, b) miejskich MZK Bydgoszcz, c) miejskich MPK Rzeszów



Rys. 6. Wartości wskaźnika  $W_4$  oceny poziomu zagrożenia działania wynikające z uszkodzenia układu autobusów: a) międzymiastowych PKS Krosno, b) miejskich MZK Bydgoszcz, c) miejskich MPK Rzeszów



Rys. 7. Zależności liczby kolizji i wypadków autobusów międzymiastowych i miejskich od: a) przebiegu, b) liczby uszkodzeń.



Rys. 8. Zależności liczby kolizji i wypadków autobusów międzymiastowych i miejskich od: a) przebiegu, b) liczby uszkodzeń.

Z kolei nowoczesne autobusy międzymiastowe Autosan A1010 i Bova FHM charakteryzują się najmniejszą i korzystną wartością wskaźnika bezpieczeństwa systemu transportowego  $W_3$ ,  $W_4$  oraz małym prawdopodobieństwem uszkodzenia  $P(U^*)$  - dotyczy to autobusów analizowanych.

Liczba zdarzeń drogowych (rys. 7), ma bardzo wysoką zależność z przebiegiem autobusów miejskich MPK Rzeszów ( $R_{xy}=0,94$ ) oraz z liczbą uszkodzeń autobusów międzymiastowych PKS Krosno ( $R_{xy}=0,92$ ) - skala Stanisza i Guillforda. Korelacja jest wówczas prawie pewna oraz współczynnik pewny. Liczba kolizji i wypadków drogowych ma z kolei zależność umiarkowaną odwrotnie proporcjonalną oraz korelację wysoką, współczynnik rzeczywisty z przebiegiem, dla autobusów komunikacji miejskiej MZK Bydgoszcz ( $R_{xy}=0,48$ ). Także ta zależność jest odwrotnie proporcjonalna dla komunikacji międzymiastowej PKS Krosno, lecz jest ona niska, korelacja słaba, współczynnik wyraźny, ale słaby ( $R_{xy}=0,23$ ). Z kolei liczba kolizji i wypadków wykazuje umiarkowaną zależność z liczbą uszkodzeń zespołów autobusów MPK Rzeszów ( $R_{xy}=0,69$ ) a niską dla autobusów MZK Bydgoszcz ( $R_{xy}=0,27$ ).

Łączną analizę 85 autobusów, w tym 35 międzymiastowych i 50 miejskich, zamieszczono na rysunku 8. Rysunek opracowano z uwagi na trudną interpretacją odwrotnie proporcjonalnej zależności liczby zdarzeń drogowych od przebiegu autobusów międzymiastowych PKS Krosno i autobusów miejskich MZK Bydgoszcz (rys. 7a). Analiza wykazała korelację wysoką pomiędzy liczbą kolizji i wypadków oraz liczbą uszkodzeń zespołów ( $R_{xy}=0,51$ ) a korelację przeciętną pomiędzy liczbą kolizji i wypadków oraz przebiegiem ( $R_{xy}=0,38$ ). Dlatego też zależność jest umiarkowana pomiędzy liczbą zdarzeń drogowych oraz liczbą uszkodzeń zespołów a niska pomiędzy liczbą zdarzeń drogowych oraz przebiegiem. Wartość współczynnika korelacji 0,51 wskazuje na korelację rzeczywistą, z kolei wartość współczynnika 0,38 na korelację wyraźną, lecz słabą.

Charakterystyczne grupowanie liczby kolizji i wypadków zarówno w zależności od przebiegu jak i liczby uszkodzeń zespołów, dla trzech przewoźników, świadczy zarówno o wpływie odmiennych warunków użytkowania autobusów jak i rodzaju transportu (rys. 7, 8). Charakterystyczny jest przekład autobusu Jelcz JM181 eksploatowanego w MZK Bydgoszcz i Jelcz M181MB eksploatowanego w MPK Rzeszów, o zbliżonej konstrukcji i technologii wykonania, lecz diametralnie odmiennej liczbie zdarzeń drogowych  $LZ$ , ocenie poziomu zagrożenia bezpieczeństwa systemu transportu wynikłego z uszkodzenia układu w ciągu 1 roku  $W_3$  oraz wskaźnika bezpieczeństwa  $W_4$ , zbliżonego do  $W_3$ , lecz odniesionego do 1 tysiąca kilometrów przebiegu (rys. 5, 6).

**Wnioski.** Liczba uszkodzonych autobusów, jak i wartości wskaźnika  $W_1$  liczby uszkodzonych autobusów na 1000 km przebiegu, są zdecydowanie większe dla autobusów miejskich MZK Bydgoszcz ( $W_1=0,90-2,17$ ) niż międzymiastowych PKS Krosno ( $W_1=0,52-1,53$ ) oraz miejskich MPK Rzeszów ( $W_1=0,74-1,49$ ). Z kolei ocena prawdopodobieństwa uszkodzenia układów autobusów  $P(U^*)$  i ocena uszkodzeń za pomocą wartości wskaźnika liczby uszkodzonych układów  $W_2$ , daje zbliżoną informację dla tych grup autobusów. Jest to uzasadnione zarówno odmiennymi warunkami użytkowania jak i zbliżonymi cechami konstrukcyjnymi i technologicznymi autobusów miejskich oraz międzymiastowych.

Duże wartości wskaźnika liczby uszkodzeń autobusu, tym samym dużą pracochłonność i koszt obsługi korekcyjnych na 1000 km, są zdecydowanie większe dla autobusów miejskich MZK Bydgoszcz a mniejsze dla autobusów międzymiastowych PKS Krosno i MPK Rzeszów. Małe wartości  $W_1$  mają autobusy nowoczesne międzymiastowe Bova FHM ( $W_1=0,52$ ), Autosan A1010 ( $W_1=0,78$ ). Duże z kolei autobusy miejskie najstarszej konstrukcji Autosan H9-21 ( $W_1=1,53$ ).

Wyniki ocen ankietowych stopnia zagrożenia,  $O$ , jakie stwarza uszkodzenie układów autobusów wskazały, że największy stopień zagrożenia systemu transportowego wynika z uszkodzenia układu hamulcowego, układu kierowniczego i układu jezdny.

Największe zagrożenie działania, charakteryzowanie za pomocą wartości wskaźnika poziomu zagrożenia  $W_3$  i  $W_4$  stwarza układ hamulcowy. Pozostałe układy autobusu, kierowniczy i jezdny, mają mniejsze, chociaż nie do zaakceptowania duże jego wartości.

Autobusy międzymiastowe i miejskie mają korelację wysoką do prawie pewnej oraz zależność od umiarkowanej do bardzo wysokiej pomiędzy liczbą kolizji i wypadków oraz liczbą ich uszkodzeń.

Diametralnie odmienna sytuacja występuje w grupie autobusów miejskich. Tutaj liczba kolizji i uszkodzeń autobusów miejskich MKS Rzeszów z przebiegiem jest skorelowana prawie pewnie, zależność jest bardzo wysoka proporcjonalna i współczynnik korelacji pewny.

Z kolei autobusu miejskie MZK Bydgoszcz mają zależność umiarkowaną odwrotnie proporcjonalną pomiędzy liczbą zdarzeń drogowych oraz przebiegiem, korelację wysoką, współczynnik korelacji rzeczywisty. Ta zależność jest trudna do interpretacji teorią eksploatacji.

Łączna analiza liczby zdarzeń drogowych autobusów międzymiastowych i miejskich wskazuje na jej korelację wysoką z liczbą uszkodzeń zespołów i korelację przeciętną z przebiegiem. Charakterystyczne

grupowanie liczby kolizji i wypadków zarówno w zależności od przebiegu jak i liczby uszkodzeń zespołów dla analizowanych przewoźników, świadczy z kolei o wpływie na jej wartość odmiennych warunków użytkowania autobusów jak i warunków transportu międzymiastowego oraz miejskiego. Charakterystycznym przykładem jest autobusu Jelcz JM181 eksploatowanego w MZK Bydgoszcz i Jelcz M181MB eksploatowanego w MPK Rzeszów, o zbliżonej konstrukcji i technologii wykonania, lecz diametralnie odmiennej liczbie zdarzeń drogowych  $LZ$ , ocenie poziomu zagrożenia bezpieczeństwa systemu transportu wynikający z uszkodzenia układów  $W_3$  oraz wskaźnika bezpieczeństwa  $W_4$  odniesionego do 1 tysiąca kilometrów przebiegu.

Na uwagę zasługują autobusy Jelcz M181MB. Są to nowoczesnej konstrukcji pojazdy, o długości 18 metrów, przegubowe, średniopodłogowe, zabierające najwięcej, bo ogółem 180 pasażerów. Charakteryzują się bardzo małą liczbą uszkodzeń układów i małą liczbą kolizji i wypadków. Jednak w grupie autobusów miejskich także nowoczesne konstrukcje mają wysokie zagrożenie ich działania. Duże wartości wskaźnika poziomu zagrożenia działania mają, bowiem autobusy: Jelcz 120M, Solaris Urbino 15 oraz Man NL 223. Najmniejszą korzystną wartość wskaźnika  $W_3$  i  $W_4$  ma z kolei wspomniany Jelcz 181MB i autobus Ikarus 280b.

Działania korygujących konstrukcyjnych i produkcyjnych bezwzględnie wymaga układ hamulcowy autobusów międzymiastowych i miejskich. Wynika to z bardzo wysokiego stopnia zagrożenia, jaki stwarza ten układ na bezpieczeństwo transportu  $O$ , wysokiego prawdopodobieństwa wystąpienia uszkodzenia  $P(U^*)$ , bardzo dużych wartości wskaźnika liczby jego uszkodzeń  $W_2$  i niekorzystnie wysokich wartości wskaźników oceny poziomu zagrożenia bezpieczeństwa  $W_3$  i  $W_4$  wywołanego jego uszkodzeniem. Z kolei autobusy miejskie wymagają działań korygujących dla układu hamulcowego, układu kierowniczego i układu jezdnego.

#### LITERATURA

- [1] Krystek R. (red.): Zintegrowany system bezpieczeństwa transportu: Synteza. Wydawnictwa Komunikacji i Łączności WKiŁ, Gdańsk 2010 r.
- [2] Reński A.: Bezpieczeństwo czynne samochodu: Zawieszenia oraz układy hamulcowe i kierownicze. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2011 r.
- [3] Kardas-Cinal E.: Bezpieczeństwo i komfort jazdy pojazdu szynowego z uwzględnieniem losowych nierówności geometrycznych toru. Prace Naukowe z. 94, Politechnika Warszawska. Transport, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2013 r.
- [4] Wicher J.: Bezpieczeństwo samochodów i ruchu drogowego. Wyd. 3 rozszerzone, Warszawa, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności WKiŁ, 2012 r.
- [5] Prochowski L., Unarski J., Wach W., Wicher J.: Podstawy rekonstrukcji wypadków drogowych. Warszawa, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności WKiŁ, 2008 r.
- [6] USTAWA z dnia 16 grudnia 2010 r. O publicznym transporcie zbiorowym. Dz. U. z 2011 r. Nr 5, poz. 13, Nr 228, poz. 1368.
- [7] Stańczyk T.L.: Działania kierowcy w sytuacjach krytycznych: Badania eksperymentalne i modelowe. Monografie, Studia, Rozprawy, Politechnika Świętokrzyska, M43, Nauki Techniczne-Budowa i Eksploatacja Maszyn. Wydawnictwo Politechniki Świętokrzyskiej, Kielce 2013 r.
- [8] Regulamin EKG ONZ nr 66, Jednolite przepisy dotyczące homologacji dużych pojazdów do przewozu osób w zakresie wytrzymałości konstrukcji.
- [9] Szczuraszek T. (red.): Bezpieczeństwo ruchu miejskiego. Wydanie 1, dodruk, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności WKiŁ, Warszawa 2008 r.
- [10] Smalko Z.: Podstawy eksploatacji technicznej pojazdów. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 1998 r.
- [11] Rybicka I., Komsta H., Krzywonos L.: Analiza uszkodzenia układów bezpieczeństwa na przykładzie autobusów Przedsiębiorstwa Komunikacji Samochodowej „WSCHÓD” w Lublinie. Technika transportu szynowego – Koleje, tramwaje, metro, 10, 1211-1216, 2013.
- [12] Rymarz J., Niewczas A.: Ocena niezawodności eksploatacyjnej autobusów komunikacji miejskiej. Problemy Eksploatacji, nr 1, 79-85, 2012.
- [13] Michalski R., Wierzbicki S.: Badania porównawcze niezawodności autobusów komunikacji miejskiej. Eksploatacja i Niezawodność, Nr 4, 2006, 22-26.
- [14] Bojar P.: Metoda oceny bezpieczeństwa działania systemu transportowego na podstawie analizy uszkodzeń autobusów. Promotor prof. M. Woropay. Uniwersytet Technologiczno - Przyrodniczy w Bydgoszczy, Bydgoszcz 2009 r.
- [15] Woropay M., Bojar P.: Analiza i ocena uszkodzeń wybranych podzespołów autobusów oraz ich wpływ na zagrożenia w miejskim systemie transportowym. Archiwum Motoryzacji, 2, 2007, 159-168.

- [16] Woropay M., Bojar P.: Ocena bezpieczeństwa działania systemu transportowego na podstawie analizy uszkodzeń autobusów. Biuletyn WAT, Vol. LIX, Nr 4, 2010, 221-237.
- [17] Jamroz K.: Metoda zarządzania ryzykiem w inżynierii drogowej. Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej. Gdańsk 2011 r.
- [18] Szopa T.: Niezawodność i bezpieczeństwo. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2009 r.
- [19] Gołąbek A. (red.): Niezawodność autobusów. Politechnika Wrocławska, Wrocław, 1993 r.
- [20] Nosal S. (red.): Metody stabilizacji niezawodności maszyn w fazie eksploatacji. Biblioteka Problemów Eksploatacji, Poznań, 2002 r.

#### STRESZCZENIE

MICHALSKI Jacek. Bezpieczeństwo autobusów i transportu zależne od uszkodzeń eksploatacyjnych wybranych układów / MICHALSKI Jacek // Wisnyk Narodowego Uniwersytetu Transportu. – K. : NUT, 2014. - № 30.

W pracy przedstawiono wpływ uszkodzeń autobusów, i ich układów, na zagrożenie działania oraz bezpieczeństwo drogowego systemu transportowego komunikacji międzymiastowej i miejskiej. Wzięto pod uwagę autobusy międzymiastowe Autosan H9-21, H9-41 i A1010, Jelcz T120, Renault FR 1 i Master, Bova FHM oraz autobusy miejskie MZK Bydgoszcz Ikarus 280b, 260 i 280, Jelcz JM181 i M11 oraz MPK Rzeszów Man NL 223, Solaris Urbino 12, 15, Jelcz 120M i M181MB. W badaniach, ograniczoną zdadność autobusów, oceniano wartością wskaźnika  $W_1$  liczby uszkodzeń autobusów na 1000 km przebiegu i wartością wskaźnika  $W_2$  liczby uszkodzeń wybranych układów autobusów na 1000 km. Dokonano oceny stopnia zagrożenia bezpieczeństwa systemu transportowego,  $O$ , jakie stwarza uszkodzenie układu autobusu. Wyznaczono wartości wskaźnika  $W_3$  i  $W_4$  oceny poziomu zagrożenia działania układów autobusów i wartości prawdopodobieństwa wystąpienia uszkodzenia  $P(U^*)$  analizowanych układów. Przedstawiono zależności liczby kolizji i wypadków autobusów międzymiastowych oraz miejskich od przebiegu jak i liczby uszkodzeń.

SŁOWA KLUCZOWE: TRANSPORT MIĘDZYMIASTOWY I MIEJSKI, USZKODZENIA ZESPOŁÓW AUTOBUSU, WSKAŹNIKI USZKODZEŃ I BEZPIECZEŃSTWA, ZWIĄZEK BEZPIECZEŃSTWA Z PRZEBIEGIEM I USZKODZENIAMI

#### РЕФЕРАТ

МИХАЛЬСЬКІ Яцек. Безпека автобусів та інших видів транспорту залежно від експлуатаційних пошкоджень вибраних систем / МИХАЛЬСЬКИЙ Яцек // Вісник Національного транспортного університету. – К. : НТУ, 2014. - Вип. 30.

У праці представлено вплив поломок автобусів та їх систем на загрозу функціонування та безпеку міжміської та міської транспортно-дорожньої систем. Розглянуто міжміські автобуси Autosan H9-21, H9-41 i A1010, Jelcz T120, Renault FR 1 i Master, Bova FHM, а також міські автобуси Міських транспортних підприємств Бидгоща: Ikarus 280b, 260 i 280, Jelcz JM181 i M11 i Жешува: Man NL 223, Solaris Urbino 12, 15, Jelcz 120M i M181MB. У розрахунках обмеження придатності автобусів оцінюється значенням показника  $W_1$  кількості поломок автобусів на 1000 км пробігу і значенням показника  $W_2$  кількості поломок систем автобусів на 1000 км пробігу. Розраховано оцінку ступеня небезпеки транспортної системи  $O$ , який створює поломка агрегату автобуса. Розраховано значення показників  $W_3$  і  $W_4$  оцінки рівня загрози функціонування систем автобусів і значення імовірності появи поломки  $P(U^*)$  проаналізованих систем. Наведено залежності кількості ДТП за участі міжміських та міських автобусів як від пробігу, так і від кількості поломок.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: МІЖМІСЬКИЙ ТА МІСЬКИЙ ТРАНСПОРТ, ПОЛОМКИ СИСТЕМ АВТОБУСА, ПОКАЗНИКИ ПОЛОМОК І БЕЗПЕКИ, ЗАЛЕЖНІСТЬ БЕЗПЕКИ ВІД ПРОБІГУ ТА КІЛЬКОСТІ ПОЛОМОК.

#### SUMMARY

MICHALSKI Jacek. Relationship of bus and urban and intercity transport damage to operating and safety from damages of selected operating systems / MICHALSKI Jacek // Visnyk of the National Transport University. - K.: NTU, 2014. - № 30.

In the paper the effect of damages in buses units on operation threats and safety of road transportation system in intercity and urban communication range is presented. Some interurban buses such as Autosan H9-21, H9-41 and A1010, Jelcz T120, Renault FR 1 and Master, Bova FHM and urban buses MZK Bydgoszcz [13, 14] Ikarus 280b, 260 i 280, Jelcz JM181 i M11 and MPK Rzeszów Man NL 223,

Solaris Urbino 12, 15, Jelcz 120M, M181MB were considered. The research of buses technical conditions uses  $W_1$  index of number of damaged buses per 1000 km and  $W_2$  index of number of damaged units per 1000 km. The threats in transportation system safety,  $O$ , caused by these damages was assessed. The values of threats ratio index  $W_3$ ,  $W_4$  and probability of damage events in analyzed units  $P(U^*)$  were estimated too. Number of road accidents with intercity and city buses versus and number of damages were considered.

**KEY WORDS: INTERURBAN TRANSPORT AND URBAN BUS DAMAGES, INDICATORS OF DAMAGE AND SAFETY, SECURITY RELATION WITH THE DAMAGE PROPAGATION**

**AUTOR:**

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

**АВТОР:**

МІХАЛЬСЬКІ Яцек, доктор інженер, Жешовська Політехніка, Кафедра двигунів внутрішнього згорання і транспорту, Бульвар Повстанців Варшави 12, tel.: +48 17 865 1100, 35-959, Жешув, Польща

**AUTHOR:**

MICHALSKI Jacek, PhD., 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:**

ЛЕЙДА Казімеж, доктор габлітований, професор, Жешовська Політехніка, завідувач кафедри двигунів внутрішнього згорання і транспорту, Жешув, Польща.

Левківський О.П., доктор технічних наук, професор, Національний Транспортний Університет, професор кафедри виробництва, ремонту та матеріалознавства, Київ, Україна.

**REVIEWERS:**

LEJDA Kazimierz, Doctor of Sciences, Professor, Rzeszow Polytechnic, Head of Department of Internal Combustion Engines and Transport, Rzeszow, Poland.

Levkivskyi O.P, Doctor of Sciences, Professor, National Transport University, Professor of Department of Manufacturing, Repair and Materials Engineering, Kyiv, Ukraine.