

Magda CZYŻEWSKA¹, Julia HERNET², Joanna MORKOWSKA³

ANALIZA USZKODZEŃ AUTOBUSÓW MIEJSKICH

Streszczenie: W artykule przedstawiono analizę uszkodzeń autobusów miejskich na podstawie danych pochodzących z rzeczywistego systemu transportowego – systemu komunikacji autobusowej w wybranej dużej aglomeracji miejskiej (powyżej 300 tys. mieszkańców). Do badań wybrano 10 autobusów marki Mercedes-Benz Conecto LF G oraz 10 autobusów marki Solaris Urbino 18 i zebrano dane dotyczące ich uszkodzeń w ciągu jednego roku. Dokonano analizy ilościowej uszkodzeń poszczególnych układów tych autobusów oraz wyznaczono czasy pomiędzy uszkodzeniami. Następnie wyznaczono wartości parametrów statystycznych dla czasów pomiędzy uszkodzeniami autobusów marki Mercedes i autobusów marki Solaris, a także dla tych ich układów, dla których liczby uszkodzeń były największe.

Słowa kluczowe: analiza uszkodzeń, system transportowy, autobusy miejskie

1. WSTĘP

W nowoczesnych systemach transportowych bardzo istotne jest zapewnienie odpowiednio wysokiego poziomu niezawodności oraz bezpieczeństwa. Poziom niezawodności jest ściśle uzależniony od rodzaju uszkodzeń pojazdów, ich liczby i częstości. Im częściej występują uszkodzenia pojazdów, tym częściej dochodzi do sytuacji, gdy uszkodzony autobus nie wyjedzie na trasę bądź ulegnie awarii na trasie i nie będzie mógł kontynuować przydzielonego zadania przewozowego. Sytuacje takie są niekorzystne zarówno dla mieszkańców miasta, gdyż powodują opóźnienia w ruchu autobusów, jak i dla przewoźnika, który nie realizując zleconego mu zadania przewozowego, ponosi straty finansowe. Dlatego należy unikać sytuacji, gdy niemożliwe jest wykonanie zadania przewozowego w określonym czasie z powodu awarii autobusu [2, 4].

Niniejszy artykuł dotyczy analizy uszkodzeń autobusów miejskich eksploatowanych w rzeczywistym systemie transportowym. Analiza została przeprowadzona na podstawie danych uzyskanych z zakładu komunikacji autobusowej w wybranej dużej aglomeracji miejskiej (powyżej 300 tys. mieszkańców).

2. OBIEKT BADAŃ

Głównym przedmiotem działania opisywanego systemu transportu jest transport pasażerski, miejski oraz podmiejski. Ponadto w zakres działalności firmy wchodzi wynajem pojazdów samochodowych z kierowcą i innych środków transportu, konserwacja, obsługa i naprawa pojazdów mechanicznych, po-

¹ inż. Magda CZYŻEWSKA, UTP Bydgoszcz, e-mail: magda.czyzewska@hotmail.com

² mgr inż. Julia HERNET, UTP Bydgoszcz, e-mail: julia.hernet@gmail.com

³ mgr inż. Joanna MORKOWSKA, UTP Bydgoszcz, e-mail: morkowska.joanna@gmail.com

moc drogowa oraz pozostała działalność usługowa związana z pojazdami mechanicznymi, badania i analizy techniczne, działalność usługowa w zakresie naprawy, konserwacji, remontów taboru autobusowego i tramwajowego, pasażerski transport wodny śródlądowy, wynajem i dzierżawa środków transportu wodnego, działalność agencji reklamowych na środkach transportu i innych obiektach zakładu [1, 5].

Obiektem badań przedstawionym w niniejszej pracy jest system eksploatacji środków transportu. W tego typu systemach transportowych wyróżnia się podsystem logistyczny, a także podsystem wykonawczy, który składa się z podsystemów elementarnych (autobus – kierowca). W skład podsystemu logistycznego wchodzi [6]:

- podsystem sterujący, którego zadaniem jest nadzorowanie działania całego systemu transportowego, składający się z podsystemów: zarządzania eksploatacją, użytkowania oraz informacyjnego;
- podsystem utrzymania ruchu, który składa się z podsystemów: zaopatrzenia w paliwo, zapewniania zdatności, a także diagnostycznego;
- podsystem zasilający.

Podsystem zapewniania zdatności realizuje procesy obsługi środków transportu oraz ich odnowy. Celem tych procesów jest utrzymywanie i przywracanie stanu zdatności do wykonania zadania przewozowego eksploatowanym środkom transportu. Natomiast główne zadanie podsystemu diagnostycznego to wyznaczanie i ocena stanu eksploatowanych środków transportu na podstawie badania symptomów i sygnałów diagnostycznych.

Dane dotyczące powstałych uszkodzeń oraz awarii wybranych autobusów dotyczyły określonego przedziału czasowego – jednego roku – od 1.10.2015 roku do 30.09.2016 roku. Uzyskano je z bazy danych, która zawiera informacje o uszkodzeniach poszczególnych autobusów, tzn.: numer ewidencyjny autobusu, numer linii, kolejność kursu, czas wystąpienia uszkodzenia (datę i godzinę), rodzaj uszkodzenia, miejsce postoju, a także informację, czy autobus został naprawiony na trasie przez jednostkę pogotowia technicznego czy też zjechał do zajezdni lub został tam odholowany.

Zebrane dane dotyczą wybranych 20 pojazdów eksploatowanych przez zakład komunikacji autobusowej. Jest to 10 pojazdów marki Mercedes-Benz Conecto LF G z rocznika 2011 oraz 10 pojazdów marki Solaris Urbino 18 z rocznika 2013. Reprezentują one dwie główne grupy pojazdów klasy MEGA we flocie przewoźnika, posiadają podobne cechy jakościowe i techniczne oraz są zbliżone rocznikami.

3. METODYKA BADAŃ

Zebrane dane dotyczące uszkodzeń autobusów miejskich zestawiono w tabelach w programie MS Excel. Dokonano dekompozycji autobusu na 8 głównych układów: silnik, układ przeniesienia napędu, układ zawieszenia i jezdny, układ kierowniczy, układ elektryczny, nadwozie, układ pneumatyczny, układ hamulcowy.

Następnie w programie MS Excel przetworzono uzyskane dane. Zliczono liczbę uszkodzeń poszczególnych układów marki Mercedes i Solaris w ciągu jed-

nego roku i zestawiono je w formie tabel. Dokonano analizy ilościowej liczby uszkodzeń w poszczególnych kwartałach, a wyniki zobrazowano za pomocą wykresów. Wyznaczono średnie liczby uszkodzeń poszczególnych układów autobusów marki Solaris oraz Mercedes przypadające na miesiąc i na dobę oraz średnie liczby uszkodzeń przypadające na jeden autobus w ciągu roku i w ciągu miesiąca.

Kolejnym etapem badań było dokonanie analizy czasów pomiędzy uszkodzeniami autobusów. Wyznaczono czasy między uszkodzeniami Mercedesów i Solarisów oraz tych z ich układów, dla których uszkodzeń było najwięcej, czyli silnik, układ elektryczny oraz nadwozie. Wyznaczono również podstawowe parametry statystyczne, tj. średnią, odchylenie standardowe, wariancję, wartość minimalną i maksymalną, rozstęp oraz medianę [3, 6].

4. WYNIKI BADAŃ

Dla każdego autobusu zliczono liczbę uszkodzeń poszczególnych układów, co przedstawiono w tabeli 1 – dla Mercedesów oraz w tabeli 2 – dla Solarisów. Następnie zestawiono liczby uszkodzeń poszczególnych układów autobusów marki Mercedes i Solaris w ciągu jednego roku (rys. 1). Na tej podstawie dokonano analizy ilościowej uszkodzeń poszczególnych układów autobusów z podziałem na kwartały. Na rysunku 2 przedstawiono wykres liczby uszkodzeń poszczególnych układów z podziałem na kwartały – autobusów marki Mercedes, natomiast na rysunku 3 – autobusów marki Solaris.

Tabela 1. Liczba uszkodzeń poszczególnych układów dla autobusów marki Mercedes (opracowanie własne)

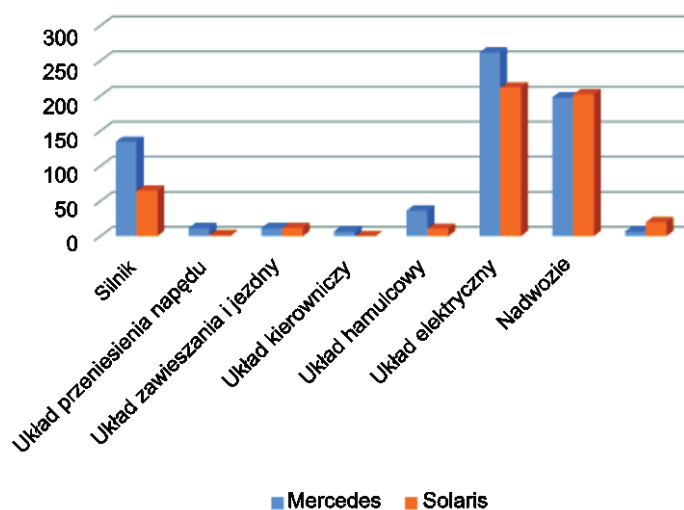
Table 1. The number of damages of individual system for Mercedes buses (own study)

Nr autobusu	Silnik	Układ przeniesienia napędu	Układ zawieszenia i jezdy	Układ kierowniczy	Układ hamulcowy	Układ elektryczny	Nadwozie	Układ pneumatyczny	SUMA
Mer_001	8	1	2	1	5	28	13	0	58
Mer_002	17	0	2	0	5	24	12	0	60
Mer_003	26	2	1	1	6	24	32	0	92
Mer_004	11	4	0	0	2	27	15	1	60
Mer_005	6	0	3	1	6	21	13	0	50
Mer_006	11	0	0	1	2	29	25	0	68
Mer_007	16	4	1	0	2	17	15	2	57
Mer_008	19	1	0	0	8	31	27	2	88
Mer_009	9	0	0	0	0	32	23	0	64
Mer_010	12	0	3	3	1	29	23	2	73
SUMA	135	12	12	7	37	262	198	7	670

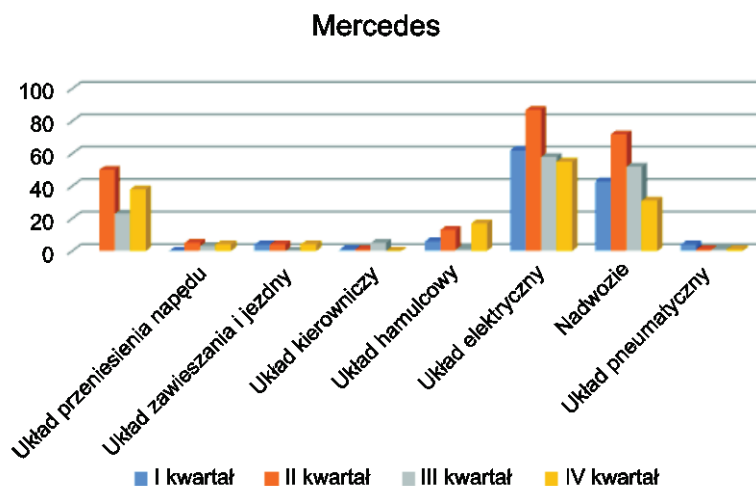
Tabela 2. Liczba uszkodzeń poszczególnych układów dla autobusów marki Solaris (opracowanie własne)

Table 2. The number of damages of individual system for Solaris buses (own study)

Nr autobusu	Silnik	Układ przeniesienia napędu	Układ zawieszania i jezdny	Układ kierowniczy	Układ hamulcowy	Układ elektryczny	Nadwozie	Układ pneumatyczny	SUMA
Sol_001	5	0	1	0	2	15	18	6	47
Sol_002	1	0	0	0	0	24	11	1	37
Sol_003	13	1	0	0	0	18	14	0	46
Sol_004	13	1	4	0	5	14	18	1	56
Sol_005	3	0	2	0	2	25	28	0	60
Sol_006	6	0	1	0	0	21	23	4	55
Sol_007	6	0	1	0	0	27	23	1	58
Sol_008	5	0	1	0	0	16	19	0	41
Sol_009	10	0	0	0	1	27	31	6	75
Sol_010	3	0	2	0	1	25	17	1	49
SUMA	65	2	12	0	11	212	202	20	524

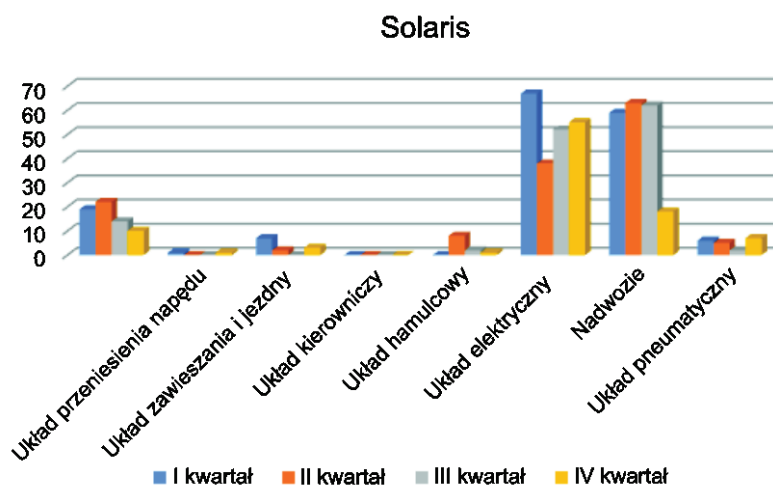


Rys. 1. Liczba uszkodzeń poszczególnych układów w ciągu roku (opracowanie własne)
Fig. 1. The number of failures of individual systems during the year (own study)



Rys. 2. Liczba uszkodzeń poszczególnych układów autobusów marki Mercedes z podziałem na kwartały (opracowanie własne)

Fig. 2. The number of failures of individual Mercedes bus systems by quarter (own study)



Rys. 3. Liczba uszkodzeń poszczególnych układów autobusów marki Solaris z podziałem na kwartały (opracowanie własne)

Fig. 3. The number of failures of individual Solaris bus systems by quarter (own study)

W kolejnych tabelach przedstawiono średnią liczbę uszkodzeń autobusów marki Mercedes oraz autobusów marki Solaris, przypadającą na miesiąc oraz na dobę – tabela 3, a także średnią liczbę uszkodzeń przypadającą na jeden autobus w ciągu roku oraz w ciągu miesiąca dla Mercedesów i dla Solarisów – tabela 4.

Tabela 3. Średnie liczby uszkodzeń autobusów marki Mercedes i Solaris przypadające na miesiąc i na dobę (opracowanie własne)

Table 3. Average number of damage to Mercedes and Solaris buses per month and per day (own study)

Układ	Liczba uszkodzeń			
	na miesiąc		na dobę	
	Mercedes	Solaris	Mercedes	Solaris
Silnik	11,25	5,42	0,37	0,18
Układ przeniesienia napędu	1,00	0,17	0,03	0,01
Układ zawieszenia i jezdnny	1,00	1,00	0,03	0,03
Układ kierowniczy	0,58	0	0,02	0
Układ hamulcowy	3,08	0,92	0,10	0,03
Układ elektryczny	21,83	17,67	0,72	0,58
Nadwozie	16,50	16,83	0,54	0,55
Układ pneumatyczny	0,58	1,67	0,02	0,06
SUMA	55,83	43,67	1,84	1,46

Tabela 4. Średnie liczby uszkodzeń przypadające na jeden autobus w ciągu roku oraz w ciągu miesiąca dla Mercedesów i dla Solarisów (opracowanie własne)

Table 4. Average number of damage per bus per year and per month for Mercedes and Solaris (own study)

Układ	Liczba uszkodzeń przypadająca na jeden autobus			
	na rok		na miesiąc	
	Mercedes	Solaris	Mercedes	Solaris
Silnik	13,50	6,50	1,13	0,54
Układ przeniesienia napędu	1,20	0,20	0,10	0,02
Układ zawieszenia i jezdnny	1,20	1,20	0,10	0,10
Układ kierowniczy	0,70	0	0,06	0
Układ hamulcowy	3,70	1,10	0,31	0,09
Układ elektryczny	26,20	21,20	2,18	1,77
Nadwozie	19,80	20,20	1,65	1,68
Układ pneumatyczny	0,70	2,00	0,06	0,17
SUMA	67,00	52,40	5,58	4,37

Następnie wyznaczono czasy pomiędzy uszkodzeniami (w godzinach) dla autobusów marki Mercedes oraz Solaris, tych ich układów, dla których liczby uszkodzeń były największe (silnik, układ elektryczny oraz nadwozie). Dla czasów pomiędzy uszkodzeniami wyznaczono podstawowe parametry statystyczne, tj.: wartość średnią, odchylenie standardowe, wariancję, minimum, maksimum, rozstęp oraz medianę. Wyniki przedstawione w tabeli 5 dotyczą autobusów marki Mercedes, natomiast w tabeli 6 autobusów marki Solaris.

Tabela 5. Podstawowe statystyki dla czasów pomiędzy uszkodzeniami autobusów marki Mercedes (opracowanie własne)

Table 5. Basic statistics for the time between damage Mercedes buses (own study)

	Wszystkie układy	Silnik	Układ elektryczny	Nadwozie
Średnia [h]	124,18	528,74	309,60	410,86
Odchylenie standardowe [h]	139,10	695,98	313,48	516,28
Wariancja [h ²]	19348,63	484390,23	98269,45	266550,04
Min [h]	0,42	0,67	0,92	3,08
Max [h]	1088,62	4126,48	1661,30	4085,37
Rozstęp [h]	1088,20	4125,82	1660,38	4082,28
Mediana [h]	81,75	264,78	197,52	241,50

Tabela 6. Podstawowe statystyki dla czasów pomiędzy uszkodzeniami autobusów marki Solaris (opracowanie własne)

Table 6. Basic statistics for the time between damage Solaris buses (own study)

	Wszystkie układy	Silnik	Układ elektryczny	Nadwozie
Średnia [h]	158,67	943,67	380,92	366,80
Odchylenie standardowe [h]	175,60	1010,02	462,81	436,02
Wariancja [h ²]	30835,27	1020148,14	214192,64	190111,68
Min [h]	0,27	8,68	2,80	0,27
Max [h]	1120,33	4701,32	3618,83	2395,18
Rozstęp [h]	1120,07	4692,63	3616,03	2394,92
Mediana [h]	99,49	614,25	241,15	196,83

5. PODSUMOWANIE

Na podstawie otrzymanych wyników badań dotyczących liczby uszkodzeń poszczególnych układów autobusów marki Mercedes zauważono, że najczęściej uszkodzeń występowało w układzie elektrycznym (w sumie 262 uszkodzenia dla wszystkich badanych Mercedesów). Dla 9 z 10 badanych autobusów układ ten najczęściej ulegał awarii. W pojeździe Mer_003 najczęściej uszkodzeń wystąpiło w nadwoziu. Najmniej uszkodzeń zaobserwowano w układzie kierowniczym i układzie pneumatycznym (po 7 uszkodzeń). W jednym z badanych autobusów układ kierowniczy uszkodził się 3 razy, w czterech autobusach po jednym razie, a w pozostałych w ogóle nie wystąpiło uszkodzenie tego układu. Natomiast układ pneumatyczny w trzech autobusach uległ uszkodzeniu dwukrotnie, w jednym raz, natomiast w sześciu pozostałych w ogóle się nie uszkodził. W pojeździe Mer_009 uszkodzeniom podlegały tylko układ elektryczny, nadwozie i silnik, pozostałe układy były bez awarii. Może to mieć związek z tym, że autobus ten ma najmniejszy przebieg spośród badanych Mercedesów.

W odniesieniu do wyników badań dotyczących liczb uszkodzeń poszczególnych układów autobusów marki Solaris można stwierdzić, że podobnie jak w autobusach marki Mercedes najczęściej uszkodzeń wystąpiło w układzie elektrycznym (w sumie 212 uszkodzeń dla wszystkich pojazdów). Jednak tylko dla czterech z dziesięciu autobusów układ ten uległ awarii najczęściej razy. Dla pozostałych sześciu autobusów najczęściej uszkodzeń pojawiło się w nadwoziu. W żadnym z analizowanych autobusów marki Solaris nie uległ uszkodzeniu układ kierowniczy, natomiast układ przeniesienia napędu uszkodzony był tylko w dwóch pojazdach po jednym razie. Układ pneumatyczny uszkodził się więcej razy niż w Mercedesach (w sumie 20 uszkodzeń).

Na podstawie otrzymanych wyników można stwierdzić, że średnio Mercedes uszkadzał się co około 124 godziny, przy czym minimalny czas między uszkodzeniami wynosił tylko 0,42 h, natomiast maksymalny 1088,62 h. Odchylenie standardowe, które jest miarą rozproszenia wyników, wynosi 139,1 h i jest najmniejsze dla czasów między uszkodzeniami Mercedesów i ich układów. W pozostałych grupach wyników jest ono znacznie większe, co oznacza, że rozproszenie wyników również jest większe. Mediana czasów między uszkodzeniami Mercedesów wynosi 81,75 h, zatem 50% poszczególnych czasów między uszkodzeniami jest mniejsza od tej wartości i 50% pozostałych poszczególnych czasów między uszkodzeniami jest większa od tej wartości. Z kolei autobus marki Solaris średnio uszkadzał się co około 159 godzin, zatem rzadziej niż autobus marki Mercedes. Minimalny czas między uszkodzeniami wynosił tylko 0,27 h, natomiast maksymalny około 1120 h. Odchylenie standardowe wynosi 175,6 h i, podobnie jak w przypadku danych dla Mercedesów, jest najmniejsze spośród odchyłeń standardowych czasów między uszkodzeniami Solarisów i ich układów, co oznacza, że rozproszenie wyników również jest najmniejsze. Mediana czasów między uszkodzeniami Solarisów wynosi 99,49 h, zatem 50% poszczególnych czasów między uszkodzeniami jest mniejsza od tej wartości i 50% pozostałych poszczególnych czasów między uszkodzeniami jest większa od tej wartości.

LITERATURA

- [1] BĘDKOWSKI L., DĄBROWSKI T.: Podstawy eksploatacji. Cz. 2. Podstawy niezawodności eksploatacyjnej. Wydawnictwo Wojskowej Akademii Technicznej Warszawa, 2006.
- [2] BOJAR P.: Ocena bezpieczeństwa działania systemu transportowego na podstawie analizy uszkodzeń autobusów. Rozprawa doktorska, 2009.
- [3] MŁYŃCZAK M.: Metodyka badań eksploatacyjnych obiektów mechanicznych. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej Wrocław, 2012.
- [4] SZKODA M., KACZOR G.: Ocena niezawodności system transportowego z wykorzystaniem metody dynamicznego drzewa niezdatności. Czasopismo Autobusy 6, 2016, 1593–1598.
- [5] WOROPAY M., KNOPIK L., LANDOWSKI B.: Modelowanie procesów eksploatacji w systemie transportowym. Wydawnictwo Instytutu Technologii Eksploatacji Radom, 2001.
- [6] WOROPAY M., ŻUREK J., MIGAWA K.: Model oceny i kształtowania gotowości operacyjnej podsystemu utrzymania ruchu w systemie transportowym. Wydawnictwo Instytutu Technologii Eksploatacji Radom, 2003.

ANALYSIS OF CITY BUSES DAMAGES

Summary: The article presents an analysis of city buses damages based on data from the real transport system – bus communication system in a selected large urban agglomeration (over 300,000 inhabitants). For the research it was selected 10 Mercedes-Benz Conecto LF G buses and 10 Solaris Urbino 18 buses and data on their damage was collected within one year. The quantitative analysis of the damages of individual systems of these buses was made, and the time between failures was determined. Then the statistical values were determined for the times between failures of Mercedes buses and Solaris buses, as well as for those systems for which the number of failures was the largest.

Key words: damage analysis, transport system, city buses