

PROGNOZOWANIE KOSZTÓW UTRZYMANIA I EKSPLOATACJI TABORU AUTOBUSOWEGO

DATA PRZESŁANIA: 30.06.2016 | DATA AKCEPTACJI: 5.07.2016 | KODY JEL: C58, D61

Tadeusz Dyr

Wydział Nauk Ekonomicznych i Prawnych, Uniwersytet Technologiczno-Humanistyczny w Radomiu
e-mail: tdyr@kki.pl

Przemysław Misiurski

Wydział Ekonomii i Zarządzania, Politechnika Opolska
e-mail: p.misiurski@po.opole.pl

STRESZCZENIE

W artykule przedstawiono metodę prognozowania kosztów utrzymania taboru autobusowego w sprawności technicznej z wykorzystaniem modelowania ekonometrycznego. Przeprowadzone analizy i testy potwierdziły poprawność skonstruowanego modelu. Wyznaczona zależność stanowić może podstawę kreowania strategii odtwarzania taboru autobusowego w przedsiębiorstwach transportowych.

SŁOWA KLUCZOWE

koszty, modelowanie ekonometryczne, prognozowanie

WPROWADZENIE

Stan techniczny taboru autobusowego ma istotny wpływ na konkurencyjność transportu publicznego wobec motoryzacji indywidualnej oraz sytuację finansową i ekonomiczną przedsiębiorstw. Z badań rynkowych prowadzonych przez różne ośrodki naukowe (Rucińska, Ruciński, Wyszomirski, 2004; Tomanek, 2004; Dyr, 2009) wynika, że wśród kryteriów wyboru sposobu zaspokajania potrzeb przewozowych istnieją takie, które związane są ze stanem technicznym i wyposażeniem autobusów bezpośrednio (np. bezpieczeństwo, komfort podróży, standard usług uzupełniających) lub pośrednio (np. czas podróży, punktualność). Długi okres eksploatacji autobusów przez przedsiębiorstwa świadczące usługi użyteczności publicznej na rynku przewozów lokalnych i regionalnych powoduje, że oferta tych podmiotów odbiega od oczekiwań użytkowników transportu. Prowadzi to do wyboru samochodu w przejazdach lokalnych, w tym miejskich i regionalnych. W konsekwencji jest przyczyną wielu niekorzystnych zjawisk,

w tym wzroście negatywnego oddziaływania transportu na środowisko, kongestii i zwiększenia liczby wypadków komunikacyjnych, generując wysokie koszty zewnętrzne (społeczne).

Studia literaturowe i badania empiryczne potwierdzają, że istnieje korelacja pomiędzy kosztami utrzymania i eksploatacji autobusów a poziomem ich zużycia technicznego zależnego od wieku i przebiegu autobusów (Bąkowski, 2012; Misiurski, 2012; Dziaduch, 2011). Wraz ze zwiększaniem się skumulowanego przebiegu zwiększa się pracochłonność napraw autobusów skutkująca wzrostem zatrudnienia oraz spadkiem gotowości technicznej pojazdów. Rośnie także ryzyko awarii i obniża się niezawodność świadczenia usług przewozowych. To z kolei ogranicza korzyści przedsiębiorstw transportowych.

Przedstawione przesłanki wskazują, że celowe jest wyznaczenie granicznego czasu opłacalnej ekonomicznie eksploatacji autobusów. W procesie tym, niezależnie od przyjętej metody, podstawę stanowią koszty utrzymania i eksploatacji pojazdów. W niniejszym artykule przedstawiono metodę prognozowania kosztów oraz jej weryfikację na przykładzie wybranego przedsiębiorstwa komunikacji miejskiej. Ze względu na wykorzystywanie danych wrażliwych autorzy zobowiązali się do nieujawniania nazwy przedsiębiorstwa.

IDENTYFIKACJA KOSZTY UTRZYMANIA I EKSPLOATACJI TABORU AUTOBUSOWEGO

Podstawą kalkulacji kosztów utrzymania i eksploatacji autobusów w cyklu życia jest ich ewidencja. Koszty realizacji przewozów autobusowych w badanym przedsiębiorstwie podzielono na trzy grupy:

- bepośrednie koszty zmienne (K_{bz}), tj. koszty, które można przypisać bezpośrednio do poszczególnych autobusów wykorzystywanych do świadczenia usług w komunikacji miejskiej; ich wysokość zależy od wielkości realizowanych przewozów;
- bepośrednie koszty stałe (K_{bs}), tj. koszty stałe, które można bepośrednie przypisać do autobusów, lecz ich wysokość nie zależy od wielkości przewozów;
- koszty pośrednie (K_p), tj. koszty, których nie można przypisać do autobusów; koszty te obejmują koszty zarządu, utrzymania majątku niezwiązanego bepośrednio z realizacją przewozów (np. budynek biurowy), energii wykorzystywanej w obiektach niezwiązanych bepośrednio z działalnością przewozową.

Uwzględniając przedstawioną systematykę kosztów oraz przyjęte oznaczenia, całkowite koszty eksploatacji autobusu K_c w badanym przedsiębiorstwie transportowym można przedstawić za pomocą wzoru:

$$K_c = K_{bz} + K_{bs} + K_p \quad (1)$$

Bepośrednie koszty zmienne eksploatacji i utrzymania autobusów w badanym przedsiębiorstwie obejmują sumę kosztów zużycia materiałów pędnych (K_{mp}), kosztów pracy kierowców (K_{pk}), kosztów zużycia części zamiennych (K_{cz}) i kosztów napraw (K_n):

$$K_{bz} = K_{mp} + K_{pk} + K_{cz} + K_n \quad (2)$$

W grupie bepośrednich kosztów zmiennych dwie pozycje zależą od stopnia zużycia technicznego autobusów, a więc od ich wieku i łącznego przebiegu. Do kosztów tych zalicza się koszty zużycia części zamiennych oraz koszty napraw. Pozostałe dwie pozycje, tj. koszty zużycia materiałów pędnych i pracy kierowców, nie są praktycznie zależne od stanu technicznego pojazdów.

Koszty zużycia materiałów pędnych, w tym przede wszystkim paliwa, zależą w dużym stopniu od warunków terenowych, w których prowadzone są przewozy, obciążenia linii i techniki jazdy. W pewnym stopniu zależne są także od rodzaju zastosowanej jednostki napędowej. W badanym przedsiębiorstwie nie dostrzega się wzrostu zużycia paliwa wraz ze zwiększaniem się skumulowanego przebiegu.

Uwzględniając przedstawiony podział na koszty zależne i niezależne od stopnia zużycia technicznego, łączną wysokość kosztów świadczenia usług przewozowych obliczyć można ze wzoru:

$$K_c = K_{mp} + K_{pk} + K_{cz} + K_n + K_{bs} + K_p \quad (3)$$

Uwzględniając roczny przebieg autobusów (Q), obliczyć można jednostkowe koszty całkowite utrzymania i eksploatacji autobusów:

$$k_c = \frac{K_c}{Q} = \frac{K_{mp} + K_{pk} + K_{cz} + K_n + K_{bs} + K_p}{Q} \quad (4)$$

Grupując zidentyfikowane kategorie kosztów oraz wyłączając koszty amortyzacji¹, jednostkowe koszty całkowite utrzymania i eksploatacji autobusów wyrazić można wzorem:

$$k_c = k_{zz} + k_{nz} + k_a \quad (5)$$

gdzie:

k_{zz} – jednostkowe koszty zależne od zużycia technicznego mierzonego skumulowanym przebiegiem od momentu jego wytworzenia [zł/pojkm],

k_{nz} – jednostkowe koszty niezależne od zużycia technicznego [zł/pojkm],

k_a – jednostkowe koszty amortyzacji autobusów [zł/pojkm].

Koszty niezależne od zużycia technicznego w badanym przedsiębiorstwie kształtują się na poziomie 3,8212 zł/pojkm, a średnie jednostkowe koszty amortyzacji środków transportu przy istniejącej strukturze wiekowej autobusów – 0,3955 zł/wozokm. Przeciętne jednostkowe koszty części zamiennych i napraw autobusów wynoszą 0,9660 zł/wozokm, tj. 18,9% całkowitych kosztów jednostkowych. Ta grupa kosztów charakteryzuje się znacznym zróżnicowaniem w zależności od skumulowanego przebiegu.

Modelowanie ekonometryczne utrzymania autobusów w funkcji skumulowanego przebiegu

Budując model zależności kosztów utrzymania autobusów w funkcji skumulowanego przebiegu, wyodrębniono dwie zmienne:

a) zmienną objaśnianą (Y) – jednostkowy koszt utrzymania autobusu w gotowości technicznej będący sumą kosztów części zamiennych i napraw;

b) zmienna objaśniająca (X) – skumulowany przebieg autobusu.

Ze zbioru zgromadzonych zmiennych wyeliminowano te wartości, które nie były typowe, to znaczy były znacznie wyższe lub znacznie niższe niż średnia dla analizowanej grupy autobusów. Przyczyny tych odchyłań wynikały z nietypowych zdarzeń w danym okresie. Przykładem mogą być wysokie koszty naprawy powypadkowej autobusu przy jednoczesnym długim jego wyłączeniu z eksploatacji. W konsekwencji koszty jednostkowe części zamiennych i napraw były kilkunastokrotnie wyższe niż dla autobusów o porównywalnym przebiegu. Ten wzrost nie wynikał jednak ze zużycia technicznego pojazdu, lecz z przyczyn losowych.

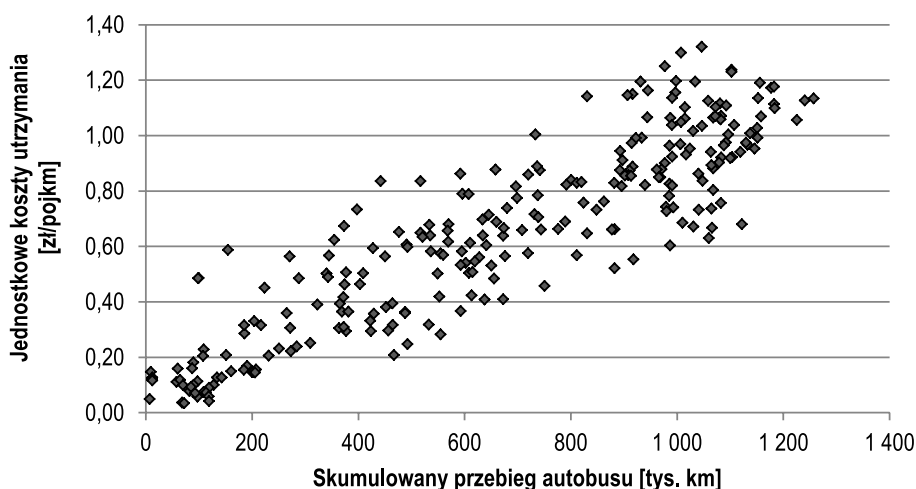
¹ Koszty amortyzacji zależne są od wieku środka trwałego i przyjętej polityki rachunkowości, w tym w szczególności dotyczącej wysokości stawek amortyzacyjnych. Koszty te nie są więc bezpośrednio związane z poziomem zużycia technicznego. Nie generują ponadto przepływów pieniężnych. Z tych względów celowe jest ich odrębne ujęcie w rachunku.

Cechą charakterystyczną obserwacji nietypowych jest występowanie dużej wartości reszty². Eliminację obserwacji nietypowych przeprowadzono przy wykorzystaniu programu Gretl. Po wyeliminowaniu obserwacji nietypowych modelowanie ekonometryczne przeprowadzono na podstawie 263 obserwacji z lat 2012–2014. Graficznie przedstawiono je na rysunku 1.

W celu zbadania zależności pomiędzy zmiennymi obliczono współczynnik korelacji liniowej Pearsona r . Wartość tego współczynnika dla analizowanych zmiennych wynosi 0,8094. Ponieważ $r > 0$, występuje zależność stochastyczna dodatnia (wzrostowi wartości jednej zmiennej towarzyszy zwiększenie się wartości drugiej zmiennej), a siła tej zależności jest wprost proporcjonalna do modułu wartości współczynnika korelacji i świadczy o dość silnym związku. Można zatem uznać za właściwy dobór zmiennych do modelu. Model poddany dalszym etapom badawczym będzie miał zatem postać:

$$k_{zz} = \alpha_0 + \alpha_1 Q_{sk} + \delta \quad (5)$$

gdzie: α_0 , α_1 i δ – parametry modelu.



Rysunek 1. Zależność jednostkowych kosztów utrzymania autobusów od skumulowanego przebiegu

Źródło: opracowanie własne na podst. danych z badanego przedsiębiorstwa.

Uwzględniając zidentyfikowane kategorie kosztów i przyjęte oznaczenia, zastosowano następującą funkcję kosztów utrzymania pojazdów:

$$k_{zz} = 0,0856703 + 0,000000847670 \cdot Q_{sk} \quad (6)$$

gdzie:

k_{zz} – jednostkowe koszty utrzymania autobusów zależne od zużycia technicznego (suma kosztów części zamiennych i napraw) [zł/pojkm],

Q_{sk} – skumulowany przebieg autobusu [km],

α_0 , α_1 i δ – parametry modelu.

² Pojęciem reszty określa się różnicę pomiędzy wartością rzeczywistą zmiennej objaśnianej a wartością teoretyczną tej zmiennej wynikającą z modelu ekonometrycznego. Szerzej: Dziechciarz (2002), s. 162–163.

Do estymacji parametrów modelu, która obejmuje oszacowanie parametrów strukturalnych oraz parametrów struktury stochastycznej, zastosowano klasyczną metodę najmniejszych kwadratów. Metoda ta jest wykorzystywana do estymacji parametrów strukturalnych modeli liniowych, jedno- i wielorównaniowych, prostych i rekurencyjnych z jedną i wieloma zmiennymi objaśniającymi. Ideą klasycznej metody najmniejszych kwadratów jest ustalenie takich wartości ocen parametrów strukturalnych, dla których suma kwadratów odchyleń wartości empirycznych zmiennej objaśnianej od jej wartości teoretycznych wynikających z modelu jest minimalna.

Wyniki estymacji modelu liniowego zależności jednostkowego kosztu części zamiennych i napraw od skumulowanego przebiegu przedstawiono w tabeli 1. Opracowane one zostały przy wykorzystaniu programu Gretl.

Tabela 1. Wyniki estymacji parametrów modelu liniowego zależności jednostkowych kosztów utrzymania autobusów od skumulowanego przebiegu

	Współczynnik	Błąd stand.	t-Studenta	Wartość p	
const	0,0856703	0,0165195	5,186	< 0,0001	***
Skumulowany przebieg autobusu	8,47670e-07	2,32531e-08	36,45	< 0,0001	***
Średnia arytmetyczna zmiennej zależnej	0,650545	Odchylenie standardowe zmiennej zależnej		0,335648	
Suma kwadratów reszt	5,624518	Błąd standardowy reszt		0,146799	
Współczynnik determinacji R ²	0,809447	Skorygowany R ²		0,808717	
F(1, 261)	1328,900	Wartość p dla testu F		2,1e-104	
Logarytm wiarygodności	132,4391	Kryterium informacyjne Akaike'a		-260,8783	
Kryterium bayes. Schwarz	-253,7340	Kryterium informacyjne Hannana-Quinna		-258,0071	

Źródło: opracowanie własne na podst. danych z badanego przedsiębiorstwa z wykorzystaniem programu Gretl.

W oszacowanym modelu parametry istotnie różniące się od zera są oznaczone na końcu wiersza dodatkowymi symbolami (*). W przypadku analizowanego modelu występowanie trzech gwiazdek wskazuje, że zmienna jest istotna przy poziomie istotności 1%. Oszacowana postać modelu będzie zatem wyrażona funkcją:

$$K_{czz,i} = (0,0856703 + 0,000000847670 \cdot Q_{sk,i}) \cdot Q_{r,i} \quad (7)$$

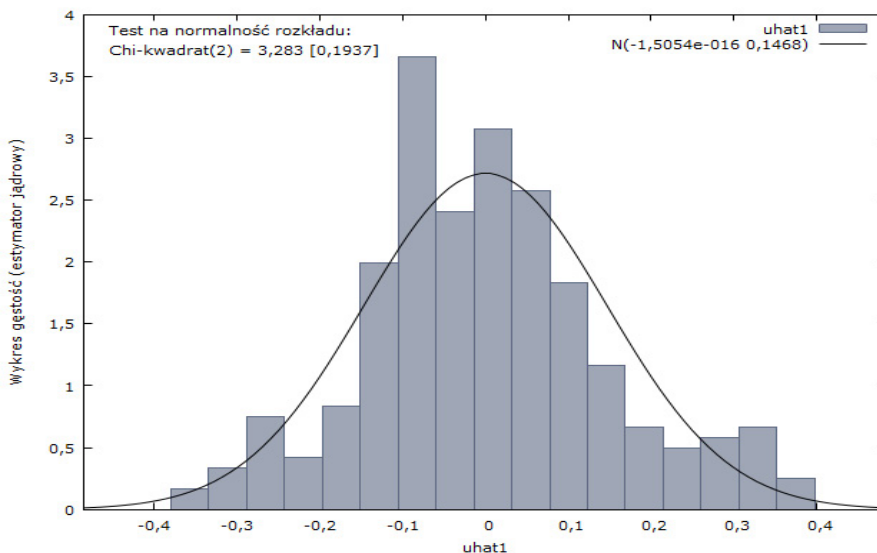
Oceny stopnia dopasowania modelu do danych empirycznych dokonano poprzez oszacowanie błędu standardowego reszt (S_e)³. W skonstruowanym modelu $S_e = 0,1468$. Oznacza to, że wartości teoretyczne kosztów jednostkowych odchylają się od wartości empirycznych średnio o 0,1468 zł.

Ocenę stopnia wyjaśnienia zmienności Y wykonano za pomocą współczynnika determinacji R². W oszacowanym modelu wartość R² wynosi 0,809447. Oznacza to, że model w 81% opisuje badane zjawisko (jednostkowy koszt utrzymania autobusów w sprawności technicznej). Dopasowania modelu do wartości empirycznych można uznać za wysokie.

Weryfikując skonstruowany model, przeprowadzono ocenę normalności składnika resztowego. Do oceny tej wykorzystywano test zgodności Jarque'a-Bery. W teście tym stawiana jest hipoteza zerowa H₀, zgodnie z którą składniki losowe mają rozkład normalny. Wartość statystyki testującej wyznaczona jest na podstawie miary skośności S i kurtozy K.

³ W niniejszym artykule pominięto prezentację podstaw teoretycznych weryfikacji modelu ekonometrycznego. Znaleźć je można w licznych podręcznikach ekonometrii. Por. np. Kufel (2011).

Z rysunku 2 zawierającego wyniki testu zgodności Jarque'a-Bery ($JB = 3,283$), z porównania z wartością krytyczną statystyki $\chi^2(2) = 5,9915$ dla $\alpha = 0,05$, $s = 2$ wynika, że nie ma podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej (wartość $p = 0,1937 > 0,05$), a więc rozkład reszt posiada cechy rozkładu normalnego.



Rysunek 2. Wyniki testu na normalność rozkładu reszt

Źródło: opracowanie własne na podst. danych z badanego przedsiębiorstwa z wykorzystaniem programu Gretl.

W procesie weryfikacji modelu oceniono również jednorodność wariancji składnika losowego, inaczej heteroskedastyczność składnika losowego. Ocenę tę wykonano w programie Gretl za pomocą testu White'a. Test ten sprawdza istotność regresji wyznaczonej dla kwadratów reszt z zestawem zmiennych modelu, ich kwadratami i iloczynami. Wyznaczone w programie Gretl (tab. 2) prawdopodobieństwo popełnienia błędu (wartość $p = 0,059866$) wskazuje, że nie ma podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej, zgodnie z którą zaburzenia losowe są homoskedastyczne (statystyka testu). Oznacza to, że występuje jednorodność wariancji. Można zatem stwierdzić, że wszystkie odstające obserwacje zostały wyjaśnione przez model.

Ostatnim etapem procesu weryfikacji skonstruowanego modelu było przyjęcie hipotezy o nieliniowości badanych zmiennych. W tym zakresie przeprowadzono testy nieliniowości w trzech wersjach:

- dołączając do modelu dla reszt zmienne zlogarytmowane (test nieliniowości – logarytmy);
- dołączając do modelu dla reszt ich kwadraty (test nieliniowości – kwadraty);
- dołączając do oryginalnego modelu kwadraty i sześciany teoretycznych wartości (test specyfikacji Ramsey's RESET).

Wyniki weryfikacji hipotezy o nieliniowości badanych zmiennych zestawiono syntetycznie w tabeli 3.

Tabela 2. Wynik testu na heteroskedastyczność reszt

	Współczynnik	Błąd standardowy	t-Studenta	Wartość p
const	0,00753197	0,00607702	1,239	0,2163
Skumulowany przebieg	4,58576e-08	2,27448e-08	2,016	0,0448
sq_Skumulowanypr~	0,0000	0,0000	-1,639	0,1024
Współczynnik determinacji $R^2 = 0,022277$				
Statystyka testu: $TR^2 = 5,858883$, z wartością $p = P(\text{Chi-kwadrat}(2) > 5,858883) = 0,053427$				

Źródło: opracowanie własne na podst. danych z badanego przedsiębiorstwa z wykorzystaniem programu Gretl.

Tabela 3. Wynik testu nieliniowości modelu

Pomocnicze równanie regresji dla testu nieliniowości (logarytmy zmiennych) Estymacja KMNK, wykorzystane obserwacje 1–263 Zmienna zależna (Y): uhat				
	Współczynnik	Błąd standardowy	t-Studenta	Wartość p
test nieliniowości – logarytmy				
const	-0,145703	0,248555	-0,5862	0,5582
Skumulowany przebieg	-2,97180e-08	5,66073e-08	-0,5250	0,6000
l_Skumulowanyprzebieg	0,0126015	0,0214324	0,5880	0,5571
Współczynnik determinacji $R^2 = 0,001328$				
Statystyka testu: $TR^2 = 0,349231$, z wartością $p = P(\text{Chi-kwadrat}(1) > 0,349231) = 0,554549$				
test nieliniowości – kwadraty				
	współczynnik	błąd standardowy	t-Studenta	wartość p
const	-0,0226249	0,0289138	-0,7825	0,4346
Skumulowanyprzeb~	1,10190e-07	1,08218e-07	1,018	0,3095
sq_Skumulowanypr~	0,0000	0,0000	-1,048	0,2958
Współczynnik determinacji $R^2 = 0,004203$				
Statystyka testu: $TR^2 = 1,10551$, z wartością $p = P(\text{Chi-kwadrat}(1) > 1,10551) = 0,293061$				
test specyfikacji Ramsey's RESET				
	współczynnik	błąd standardowy	t-Studenta	wartość p
const	0,0662227	0,0345986	1,914	0,0567
Skumulowanyprzeb~	9,33792e-07	3,89290e-07	2,399	0,0172
yhat^2	-0,0277035	0,851455	-0,03254	0,9741
yhat^3	-0,0532305	0,466397	-0,1141	0,9092
Statystyka testu: $F = 0,553184$, z wartością $p = P(F(2,259) > 0,553184) = 0,576$				

Źródło: opracowanie własne na podst. danych z badanego przedsiębiorstwa z wykorzystaniem programu Gretl.

Ponieważ:

- w teście nieliniowości – logarytmy wartość jest mniejsza od wartości krytycznej c^2 (5%, 1) = 3,84146 z prawdopodobieństwem popełnienia błędu $p = 0,554549$;
 - w teście nieliniowości – kwadraty wartość jest mniejsza od wartości krytycznej c^2 (5%, 1) = 3,84146 z prawdopodobieństwem popełnienia błędu $p = 0,293061$;
 - w teście specyfikacji Ramsey'a RESET $p = 0,576 > \alpha = 0,05$,
- nie ma podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej zakładającej zależność linową badanych

zmiennych i zastąpienia ich inną funkcją. Przeprowadzona analiza pozwala więc stwierdzić, że postać modelu ekonometrycznego jest poprawna i można ją zastosować do predykcji kosztów jednostkowych utrzymania autobusów w sprawności technicznej wymaganej dla świadczenia usług przewozowych.

KOSZTY UTRZYMANIA I EKSPLOATACJI TABORU AUTOBUSOWEGO

Wyznaczona zależność pomiędzy kosztami jednostkowymi utrzymania autobusów a ich skumulowanym przebiegiem pozwala na wyznaczenie prognozy całkowitych kosztów w całym cyklu życia pojazdów. Dla badanego przedsiębiorstwa wielkość ta może być wyrażona wzorem:

$$K_{czz,i} = (0,0856703 + 0,000000847670 \cdot Q_{sk,i}) \cdot Q_{r,i} \quad (8)$$

gdzie:

$K_{czz,i}$ – koszty całkowite utrzymania autobusu (koszty zużycia części zamiennych i napraw) w i -tym roku [km],

$Q_{r,i}$ – roczny przebieg autobusu w i -tym roku [km],

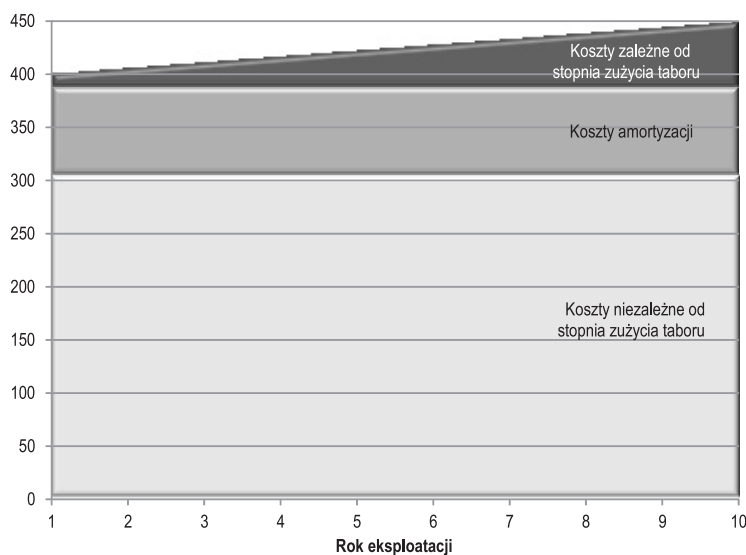
$Q_{sk,i}$ – skumulowany przebieg autobusu do końca i -tego roku [km].

Uwzględniając dodatkowo koszty niezależne od przebiegu, przygotować można prognozę całkowitych rocznych kosztów świadczenia usług przewozowych w kolejnych latach. Wynoszą one:

$$K_{c,i} = (3,9068703 + 0,000000847670 \cdot Q_{sk,i}) \cdot Q_{r,i} + K_a \quad (9)$$

gdzie:

K_a – koszty amortyzacji [zł/rok].



Rysunek 3. Prognoza kosztów utrzymania i eksploatacji autobusu przy stopnia amortyzacji 10% i średnim rocznym przebiegu 80 tys. km

Źródło: opracowanie własne.

Zakładając średni roczny przebieg autobusów na poziomie 80 tys. km oraz stopę amortyzacji 10% przy wartości początkowej autobusu 820 tys. zł, wyznaczono koszty zależne i niezależne od przebiegu oraz koszty całkowite w kolejnych latach okresu eksploatacji. Graficzną prezentację tych kosztów przedstawiono na rysunku 3.

Poziom kosztów zależnych od zużycia technicznego autobusu systematycznie rośnie. W konsekwencji zwiększa się ich udział w kosztach całkowitych świadczenia usług przewozowych. W początkowym okresie eksploatacji koszty utrzymania autobusów w sprawności technicznej nie przekraczają 3% kosztów całkowitych. W dziesiątym roku eksploatacji ich udział osiąga niemal 14%. Przy przedłużeniu okresu eksploatacji autobusu do 15 lat (skumulowany przebieg 1,2 mln km) udział kosztów utrzymania wzrasta do 22,4% (w tym okresie przy przyjętych założeniach autobus nie generuje już kosztów amortyzacji).

PODSUMOWANIE

Wykorzystując metody modelowania ekonometrycznego, wyznaczono zależność zmian kosztów zużycia części zamiennych i napraw autobusów w funkcji ich skumulowanego przebiegu, a pośrednio wieku autobusów. Wyznaczona funkcja kosztów potwierdza, że wraz ze wzrostem skumulowanego przebiegu stopniowo narastają koszty napraw i remontów. Pozwala to na wyznaczenie granicy ekonomicznej opłacalności ich eksploatacji. Zagadnienie to wykracza jednak poza zakres przedmiotowy niniejszego artykułu.

Przeprowadzone obliczenia pomocnicze w ramach modelowania ekonometrycznego wskazują, że odrzucenie danych o kosztach przy skumulowanym przebiegu powyżej 1 mln km znacząco poprawiłoby stopień dopasowania modelu do danych empirycznych. Wynika to z dużej nieprzewidywalności kosztów po przekroczeniu tej granicy. Badania realizowane w przedsiębiorstwach komunikacyjnych potwierdzają ponadto, że użytkowanie autobusów o tak wysokim skumulowanym przebiegu wiąże się ze znacznym wzrostem ryzyka awarii. W konsekwencji autobusy takie są wykorzystywane znacznie mniej intensywnie niż pojazdy nowe. To z kolei prowadzi do konieczności dysponowania większą liczbą autobusów, w tym dla zapewnienia rezerwy w przypadku uszkodzeń na trasie.

Ocena zależności kosztów utrzymania i eksploatacji pojazdów od ich wieku jest przedmiotem badań w wielu ośrodkach naukowych i podmiotach gospodarczych. Zastosowanie metod modelowania ekonometrycznego do wyznaczenia zależności kosztów części zamiennych i napraw od stopnia zużycia technicznego pojazdów mierzonego skumulowanym przebiegiem nie było jednak dotychczas przedmiotem publikacji naukowych. Przedstawiona metoda oraz relatywnie duży zakres danych empirycznych stanowi w opinii autorów nowatorskie podejście do problematyki prognozowania kosztów w przedsiębiorstwach transportowych. Prezentowane zagadnienia są elementem szerszych badań realizowanych przez autorów. Opracowana metoda ma nie tylko walor teoretyczny. Może być także wykorzystana w praktyce gospodarczej.

LITERATURA

- Bąkowski, W. (2012). Wyzwania kapitałowe i organizacyjne stojące przed regionalnym transportem użyteczności publicznej. *Autobusy. Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe*, 11, 26–29.
- Dyr, T. (2009). *Czynniki rozwoju regionalnych przewozów pasażerskich*. Radom: Wyd. Politechniki Radomskiej.

- Dziaduch, I. (2011). Analiza kosztów okresu istnienia (LCC) obiektu technicznego w aspekcie jego niezawodności. *Logistyka*, 2, 139–150.
- Dziechciarz, J. (2002). *Ekonometria. Metody, przykłady, zadania*. Wrocław: Wyd. AE we Wrocławiu.
- Kufel, T. (2011). *Ekonometria. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem programu Gretl*. Warszawa: PWN.
- Misiurski, P. (2012). Koszty eksploatacji taboru autobusowego w przedsiębiorstwach komunikacji samochodowej. *Autobusy. Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe*, 11, 22–24.
- Rucińska, D., Ruciński, A., Wyszomirski, O. (2004). *Zarządzanie marketingowe na rynku usług transportowych*. Gdańsk: Wyd. UG.
- Tomanek, R. (2004). *Funkcjonowanie transportu*. Katowice: Wyd. AE w Katowicach.

FORECASTING OF COSTS OF MAINTENANCE AND USE OF A BUS FLEET

ABSTRACT | The paper presents a method of forecasting of maintenance costs of a bus fleet in terms of technical efficiency, using econometric modeling. The performed tests and analysis confirmed the correctness of the constructed model. The determined correlation can be basis for creating strategies of retracing bus fleets in transport companies.

KEYWORDS | costs, econometric modeling, forecasting

Translated by Przemysław Misiurski