

WPLYW OBCIĄŻENIA PASAŻERÓW W AUTOBUSIE MIEJSKIM NA WYZNACZENIE RZECZYWISTEGO PROFILU PRĘDKOŚCI

Kazimierz LEJDA¹, Paweł WOJEWODA²

W artykule przedstawiono wpływ obciążenia pasażerów przebywających w autobusie miejskim na wyznaczenie rzeczywistego profilu prędkości, wykorzystywanego w badaniach modelowych jak i symulacyjnych autobusów miejskich z napędem konwencjonalnym jak i hybrydowym. Zaprezentowano również wyniki badań doświadczalnych liczby pasażerów przebywających w autobusie miejskim linii 34 począwszy od godzin rannych po wieczorne oraz odpowiadające im wybrane rzeczywiste profile prędkości w zależności od obciążenia pasażerów.

1. WSTĘP

Wyznaczone rzeczywiste profile prędkości w ciągu całego dobowego okresu pracy autobusu miejskiego oddają rzeczywiste warunki panujące na drodze. Różnice występujące w otrzymanych rzeczywistych przebiegach prędkości autobusu dla tej samej trasy, zależą w dużej mierze od tworzących zespół wzajemnie powiązanych czynników, na które składa się system kierowca (K) - autobus (A) - otoczenie (O) [7]. Kierowca oddziałuje na autobus przez układy sterujące kierunkiem jazdy i prędkością, wymuszając odpowiednie parametry ruchu. Z kolei ruch autobusu wywołuje u kierowcy odczucie obciążenia, spowodowane działaniem sił bezwładności przy zmianie prędkości i kierunku. Wskutek działania sił zakłócających działających na pojazd, kierowca jest zmuszony do nieustannej kontroli parametrów ruchu i do okresowego ich korygowania. Sam autobus charakteryzuje się zespołem cech konstrukcyjno-ruchowych, które decydują o jego przydatności do wykonywania określonych zadań przewozowych oraz o odporności na działania sił zakłócających. Tymi cechami są własności dynamiczne (kierowalność i stateczność ruchu, stateczność poprzeczna, zdolność hamowania, prędkość maksymalna, zdolność pokonywania wzniesień, zdolność przyspieszania) oraz energetyczne (energochłonność ruchu, sprawność napędu oraz zużycie paliwa). Z kolei na własności dynamiczne i energetyczne autobusu mają decydujący wpływ nie tylko jego parametry konstrukcyjne, lecz także niektóre czynniki eksploatacyjne, takie jak: stan techniczny podzespołów i mechanizmów pojazdu, ciężar oraz rozmieszczenie pasażerów i bagażu, własności drogi, a zwłaszcza rodzaj, jakość i stan nawierzchni. Również subiektywne działanie kierowcy (styl jazdy) można uznać za czynnik eksploatacyjny, od którego zależy rzeczywiste wykorzystanie właściwości autobusu i zużycie paliwa [1, 6, 7]. Profil prędkości realizowany przez autobus na dowolnym odcinku trasy zależy głównie od warunków ruchu, na które mają wpływ: poprzeczny i podłużny profil jezdny (zakręty, skrzyżowania, przejścia dla pieszych, wzniesienia), liczba pasów ruchu, oznakowanie, sygnalizacja, ograniczenia prędkości oraz przeszkody utrudniające ruch, np. czynniki atmosferyczne (wiatr, opady, mgła, temperatura itp.) i natężenie ruchu.

Kompletnych informacji dla wyznaczenia rozkładu parametrów operacyjnych autobusu w funkcji czasu mogą dostarczyć jedynie wyznaczone rzeczywiste profile prędkości, uwzględniające dane związane z rodzajem eksploatowanego autobusu (biorąc pod uwagę jego zmienne obciążenie wynikające z różnej liczby pasażerów korzystających z linii) i profilem obsługiwanej trasy, jak również biorące pod uwagę warunki ruchu panujące w danej aglomeracji miejskiej [2, 8].

¹ Prof. dr hab. inż. Kazimierz Lejda; Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza, Katedra Silników Spalinowych i Transportu

² dr inż. Paweł Wojewoda; Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza, Katedra Silników Spalinowych i Transportu

2. BADANIA DOŚWIADCZALNE

Podstawowym celem badań doświadczalnych była rejestracja parametrów eksploatacyjnych autobusu miejskiego poruszającego się w rzeczywistych miejskich warunkach ruchu na trasie w dwóch kierunkach: Staroniwska pętla – Lwowska szpital-pętla oraz Lwowska szpital pętla – Staroniwska pętla. Jest to jedna z bardziej popularnych linii komunikacji miejskiej w Rzeszowie, oznaczona numerem 34.

Pomiary podzielono na dwie grupy. Pierwsze z nich dotyczyły określenia wielkości charakteryzujących trasę badawczą, tzn. wyznaczenia długości trasy przejazdu autobusu oraz odległości między przystankami i samej liczby przystanków. Do badań w warunkach drogowych wykorzystano system pomiarowy z czujnikiem DATRON DLS-2, zamontowany do samochodu testowego. Wykonano 3 serie pomiarowe w postaci przejazdu trasą badawczą w kierunku Staroniwska pętla – Lwowska szpital-pętla oraz 3 serie pomiarowe w kierunku powrotnym Lwowska szpital pętla – Staroniwska pętla. Za końcowy wynik pomiaru odległości między przystankami jak i całkowitej długości trasy wzięto średnią z przeprowadzonych serii pomiarowych.

Druga grupa pomiarów dotyczyła rejestracji parametrów eksploatacyjnych prowadzonych na obiekcie badawczym, jakim był autobus miejski Solaris Urbino 12 CNG poruszający się na w/w trasie. Równocześnie prowadzono badania statystyczne dotyczące liczby pasażerów przebywających aktualnie w autobusie [2, 8].

2. WYNIKI POMIARÓW LICZBY PASAŻERÓW PRZEBYWAJĄCYCH W AUTOBUSIE MIEJSKIM NA WYBRANEJ TRASIE BADAWCZEJ

Charakterystyczną cechą jazdy autobusu miejskiego są częste zmiany prędkości, które wynikają w dużej mierze z konieczności dostosowania realizowanego profilu prędkości do warunków narzuconych przez otoczenie, głównie determinowanych organizacją ruchu i obecnością innych jej użytkowników [1, 6]. Osiągane parametry jazdy autobusu miejskiego zależą w dużym stopniu od obciążenia, gdyż masa autobusu zmienia się podczas kursu ze względu na zmiany w liczbie pasażerów. Liczbę pasażerów i zakres tych zmian dla wyznaczonych profili prędkości zilustrowano w tabelach 1 i 2 oraz na rys. 1 i 2.

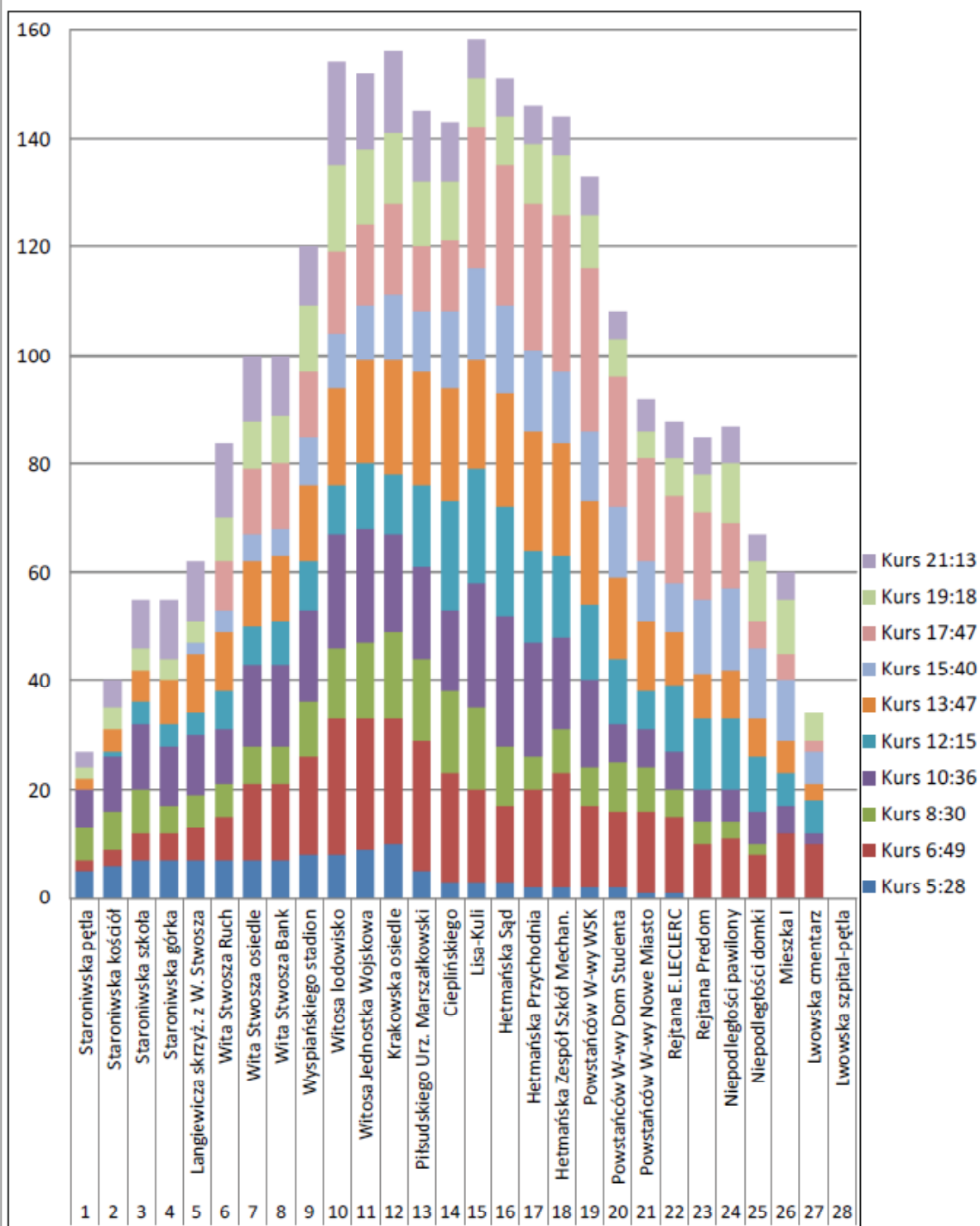
Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 31 grudnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych pojazdów oraz zakresu ich niezbędnego wyposażenia ustala, że średnia masa jednego pasażera wraz z bagażem dla autobusu miejskiego wynosi 68 kg. Dla „rzeczywistych rzeszowskich profili prędkości” autobusu miejskiego największa liczba pasażerów przebywających w trakcie jazdy w autobusie wyniosła 36 osób. W przeliczeniu na kg maksymalna masa pasażerów w trakcie przejazdu pomiędzy przystankami wyniosła zatem 2448 kg. Największy udział pasażerów wykorzystujących miejską komunikację autobusową zanotowano w obrębie centrum miasta, najniższy natomiast na przystankach początkowych i końcowych [8].

Profile prędkości na rys. 3 i 5 charakteryzują się niską liczbą przewożonych pasażerów (mniej obciążony autobus), natomiast profile prędkości na rys. 4 i 6 wyższą liczbą podróżujących pasażerów (bardziej obciążony autobus). Można zaobserwować że czas przejazdu autobusu bardziej obciążonego uległ wydłużeniu. Oczywiście warunki ruchu porównywanych profili były zbliżone. Powyższe wyniki badań doświadczalnych w rzeszowskich warunkach miejskich, ukazują zróżnicowanie profilów prędkości oraz ich niepowtarzalność (rys. 3 – 6). Stanowią tym samym bardzo duże utrudnienie w określeniu precyzyjnego stopnia wpływu obciążenia pasażerów na wyznaczany rzeczywisty profil prędkości ale również w analizie teoretycznej zużycia energii i paliwa dla autobusów miejskich, które poruszają się ze zmienną prędkością. Zapis w czasie rzeczywistym parametrów eksploatacyjnych konkretnego autobusu, poruszającego się ściśle określoną trasą, uwzględnia większość zmian czynników, na które składa się system kierowca (K)-autobus (A)-otoczenie (O).

Tabela 1. Liczba pasażerów w autobusie linii 34 (kierunek: Staroniwska pętla – Lwowska szpital-pętla)

Lp	Nazwa przystanku	Liczba pasażerów w autobusie linii 34									
		Kurs 5:28	Kurs 6:49	Kurs 8:30	Kurs 10:36	Kurs 12:15	Kurs 13:47	Kurs 15:40	Kurs 17:47	Kurs 19:18	Kurs 21:13
1	Staroniwska pętla	5	2	6	7	0	2	0	0	2	3
2	Staroniwska kościół	6	3	7	10	1	4	0	0	4	5
3	Staroniwska szkoła	7	5	8	12	4	6	0	0	4	9
4	Staroniwska górką	7	5	5	11	4	8	0	0	4	11
5	Langiewicza skrzyż. z W. Stwosza	7	6	6	11	4	11	2	0	4	11
6	Wita Stwosza Ruch	7	8	6	10	7	11	4	9	8	14
7	Wita Stwosza osiedle	7	14	7	15	7	12	5	12	9	12
8	Wita Stwosza Bank	7	14	7	15	8	12	5	12	9	11
9	Wyspiańskiego stadion	8	18	10	17	9	14	9	12	12	11
10	Witosa lodowisko	8	25	13	21	9	18	10	15	16	19
11	Witosa Jednostka Wojskowa	9	24	14	21	12	19	10	15	14	14
12	Krakowska osiedle	10	23	16	18	11	21	12	17	13	15
13	Piłsudskiego Urz. Marszałkowski	5	24	15	17	15	21	11	12	12	13
14	Cieplińskiego	3	20	15	15	20	21	14	13	11	11
15	Lisa-Kuli	3	17	15	23	21	20	17	26	9	7
16	Hetmańska Sąd	3	14	11	24	20	21	16	26	9	7
17	Hetmańska Przychodnia	2	18	6	21	17	22	15	27	11	7
18	Hetmańska Zespół Szkół Mechan.	2	21	8	17	15	21	13	29	11	7
19	Powstańców W-wy WSK	2	15	7	16	14	19	13	30	10	7
20	Powstańców W-wy Dom Studenta	2	14	9	7	12	15	13	24	7	5
21	Powstańców W-wy Nowe Miasto	1	15	8	7	7	13	11	19	5	6
22	Rejtana E.LECLERC	1	14	5	7	12	10	9	16	7	7
23	Rejtana Predom	0	10	4	6	13	8	14	16	7	7
24	Niepodległości pawilony	0	11	3	6	13	9	15	12	11	7
25	Niepodległości domki	0	8	2	6	10	7	13	5	11	5
26	Mieszka I	0	12	0	5	6	6	11	5	10	5
27	Lwowska cmentarz	0	10	0	2	6	3	6	2	5	0
28	Lwowska szpital-pętla	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Liczba pasażerów w autobusie linii 34
(kierunek: Staroniwska pętla - Lwowska szpital-pętla)

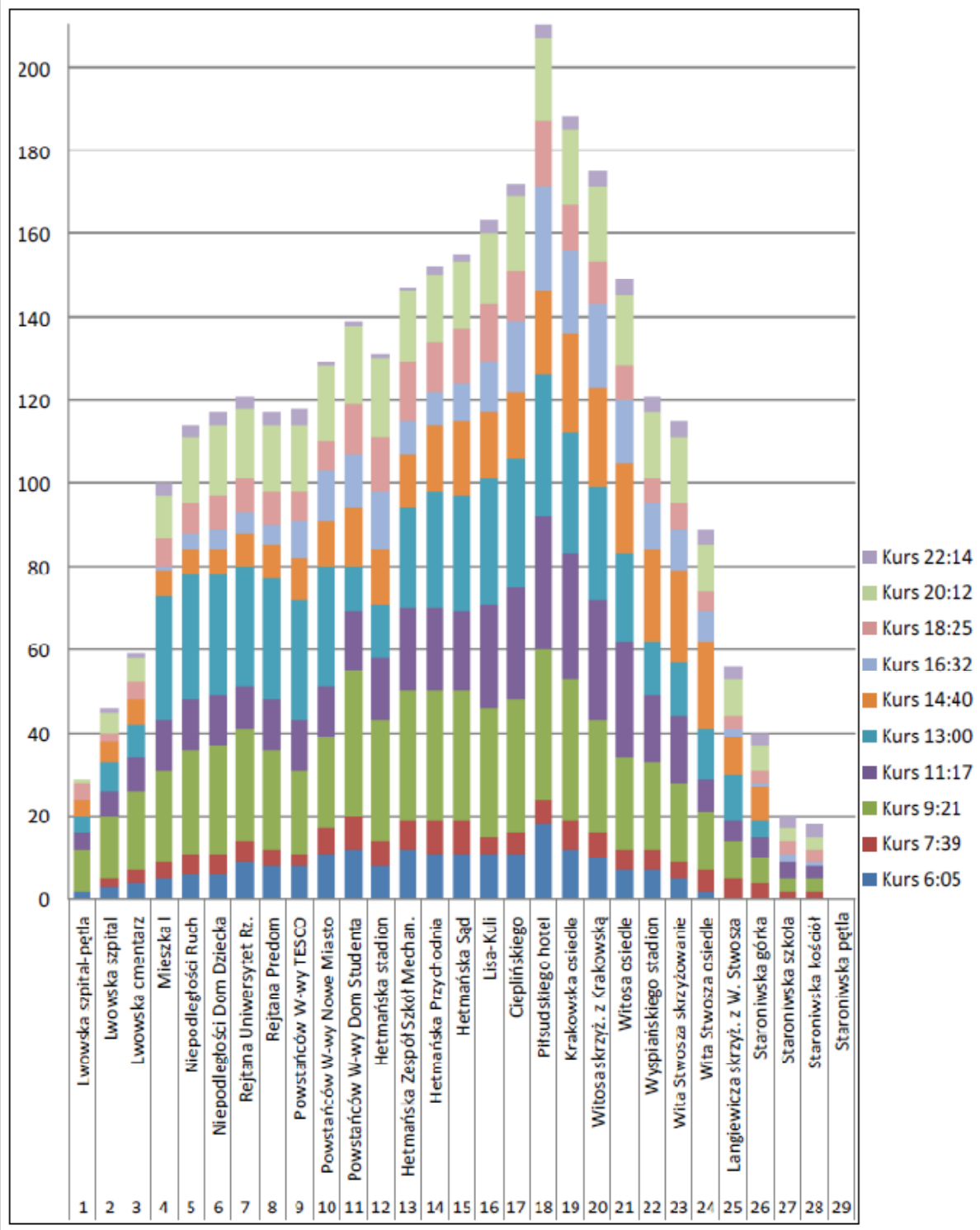


Rys. 1. Zestawienie wyników pomiarów liczby pasażerów przebywających w autobusie na trasie badawczej linii 34 (Staroniwska pętla - Lwowska szpital-pętla)

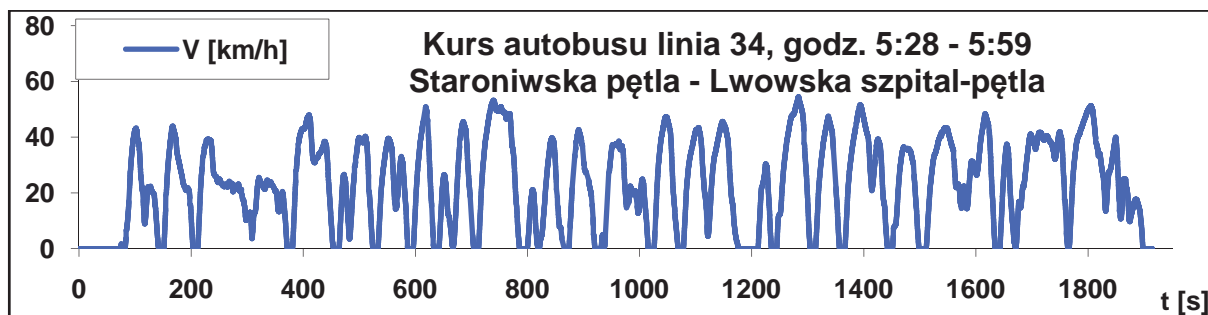
Tabela 2. Liczba pasażerów w autobusie linii 34 (kierunek: Lwowska szpital-pętla – Staroniwska pętla)

Lp	Nazwa przystanku	Liczba pasażerów w autobusie linii 34									
		Kurs 6:05	Kurs 7:39	Kurs 9:21	Kurs 11:17	Kurs 13:00	Kurs 14:40	Kurs 16:32	Kurs 18:25	Kurs 20:12	Kurs 22:14
1	Lwowska szpital-pętla	2	0	10	4	4	4	0	4	1	0
2	Lwowska szpital	3	2	15	6	7	5	0	2	5	1
3	Lwowska cmentarz	4	3	19	8	8	6	0	4	6	1
4	Mieszka I	5	4	22	12	30	6	1	7	10	3
5	Niepodległości Ruch	6	5	25	12	30	6	4	7	16	3
6	Niepodległości Dom Dziecka	6	5	26	12	29	6	5	8	17	3
7	Rejtana Uniwersytet Rz.	9	5	27	10	29	8	5	8	17	3
8	Rejtana Predom	8	4	24	12	29	8	5	8	16	3
9	Powstańców W-wy TESCO	8	3	20	12	29	10	9	7	16	4
10	Powstańców W-wy Nowe Miasto	11	6	22	12	29	11	12	7	18	1
11	Powstańców W-wy Dom Studenta	12	8	35	14	11	14	13	12	19	1
12	Hetmańska stadion	8	6	29	15	13	13	14	13	19	1
13	Hetmańska Zespół Szkół Mechan.	12	7	31	20	24	13	8	14	17	1
14	Hetmańska Przychodnia	11	8	31	20	28	16	8	12	16	2
15	Hetmańska Sąd	11	8	31	19	28	18	9	13	16	2
16	Lisa-Kuli	11	4	31	25	30	16	12	14	17	3
17	Cieplińskiego	11	5	32	27	31	16	17	12	18	3
18	Piłsudskiego hotel	18	6	36	32	34	20	25	16	20	3
19	Krakowska osiedle	12	7	34	30	29	24	20	11	18	3
20	Witosa skrzyż. z Krakowską	10	6	27	29	27	24	20	10	18	4
21	Witosa osiedle	7	5	22	28	21	22	15	8	17	4
22	Wyspiańskiego stadion	7	5	21	16	13	22	11	6	16	4
23	Wita Stwosza skrzyżowanie	5	4	19	16	13	22	10	6	16	4
24	Wita Stwosza osiedle	2	5	14	8	12	21	7	5	11	4
25	Langiewicza skrzyż. z W. Stwosza	0	5	9	5	11	9	2	3	9	3
26	Staroniwska górką	0	4	6	5	4	8	1	3	6	3
27	Staroniwska szkoła	0	2	3	4	0	0	2	3	3	3
28	Staroniwska kościół	0	2	3	3	0	0	1	3	3	3
29	Staroniwska pętla	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

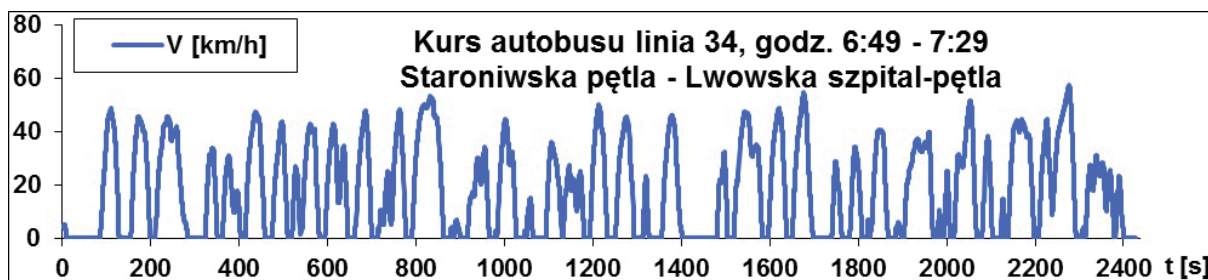
Liczba pasażerów w autobusie linii 34
(kierunek: Lwowska szpital-pętla - Staroniwska pętla)



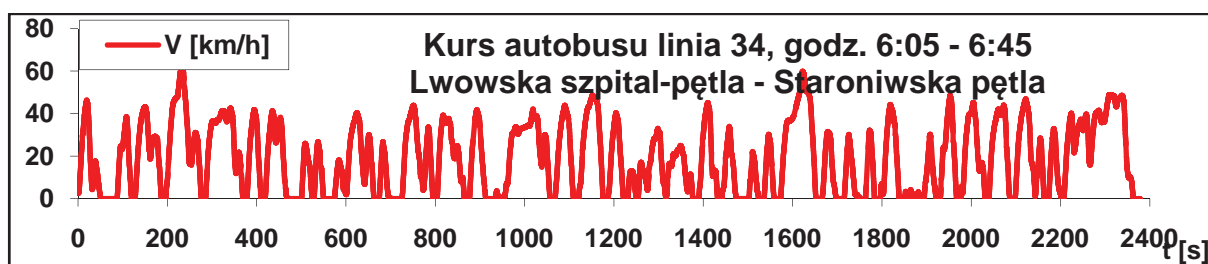
Rys. 2. Zestawienie wyników pomiarów liczby pasażerów przebywających w autobusie na trasie badawczej linii 34 (Lwowska szpital pętla - Staroniwska pętla)



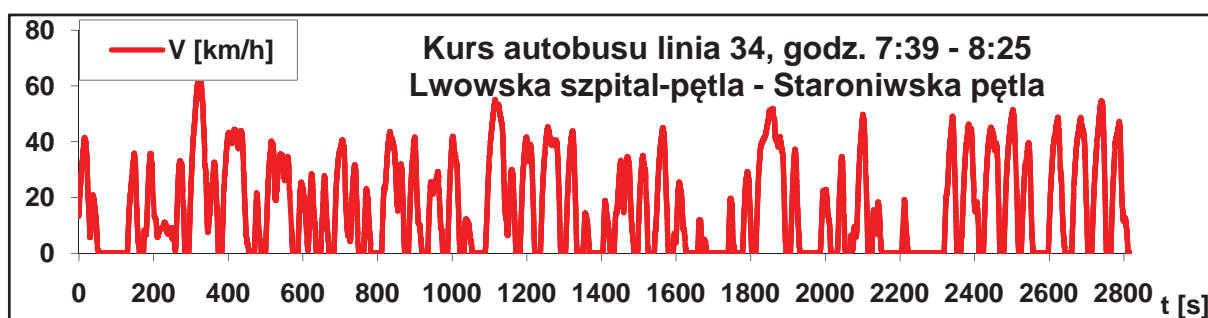
Rys. 3. Przebieg prędkości autobusu V [km/h] w funkcji czasu, zarejestrowanych w godz. 5:28 - 5:59 na trasie badawczej autobusu Solaris Urbino 12 CNG - linia 34 (kierunek: Staroniwska pętla – Lwowska szpital-pętla) (mniej obciążony autobus)



Rys. 4. Przebieg prędkości autobusu V [km/h] w funkcji czasu, zarejestrowanych w godz. 6:49 - 7:29 na trasie badawczej autobusu Solaris Urbino 12 CNG - linia 34 (kierunek: Staroniwska pętla – Lwowska szpital-pętla) (bardziej obciążony autobus)



Rys. 5. Przebieg prędkości autobusu V [km/h] w funkcji czasu, zarejestrowanych w godz. 6:05 - 6:45 na trasie badawczej autobusu Solaris Urbino 12 CNG - linia 34 (kierunek: Lwowska szpital-pętla – Staroniwska pętla) (mniej obciążony autobus)



Rys. 6. Przebieg prędkości autobusu V [km/h] w funkcji czasu, zarejestrowanych w godz. 7:39 - 8:25 na trasie badawczej autobusu Solaris Urbino 12 CNG - linia 34 (kierunek: Lwowska szpital-pętla – Staroniwska pętla) (bardziej obciążony autobus)

Wyniki badań autorów [3-5, 9] bazujących na danych eksploatacyjnych rejestrowanych w czasie rzeczywistym (celem poznania całego przebiegu ruchu autobusu) są wykorzystywane w metodach optymalizacyjnych istniejących rozwiązań autobusów konwencjonalnych jak i hybrydowych do przewidywania sposobu jazdy i wielu innych badaniach.

4. PODSUMOWANIE

Rzeczywisty profil prędkości realizowany przez autobus miejski na dowolnym odcinku trasy zależy głównie od warunków ruchu, na które mają wpływ: poprzeczny i podłużny profil jezdny (zakręty, skrzyżowania, przejścia dla pieszych, wzniesienia), liczba pasów ruchu, oznakowanie, sygnalizacja, ograniczenia prędkości oraz przeszkody utrudniające ruch, np. czynniki atmosferyczne (wiatr, opady, mgła, temperatura itp.) i natężenie ruchu. Charakterystyczną cechą jazdy autobusu miejskiego są częste zmiany prędkości, które wynikają w dużej mierze z konieczności dostosowania realizowanego profilu prędkości do warunków narzuconych przez otoczenie, głównie determinowanych organizacją ruchu i obecnością innych jej użytkowników [1, 6]. Osiągane parametry jazdy autobusu miejskiego zależą w dużym stopniu od obciążenia, gdyż masa autobusu zmienia się podczas kursu ze względu na zmiany w liczbie pasażerów, a tym samym wpływa na wyznaczany rzeczywisty profil prędkości.

LITERATURA

- [1] Augustynowicz A., Brol S.: Zastosowanie ciągłego przekształcenia falkowego do estymacji typu kierowcy w warunkach ruchu miejskiego. *Archiwum Motoryzacji*, 4, 2007, 293-307.
- [2] Lejda K., Lew K., Wojewoda P.: Zasady konstruowania cyklu jezdnyego w aglomeracji miejskiej dla autobusu. *Międzynarodowa Konferencja Naukowa w Kijowie, ВІСНІК №18*, s. 41-45, Kijów 2009.
- [3] Montazeri-Gh M., Ahmadi A., Asadi M.: Driving condition recognition for genetic-fuzzy HEV Control. *3rd International Workshop on Genetic and Evolving Systems*, Witten-Bommerholz, 4-7 March 2008, 65-70.
- [4] Montazeri-Gh M., Asadi M.: Application of Vehicle Telematic System in Fuzzy-Based HEV Control. *3rd International Conference on Information and Communication Technologies: From Theory to Applications*, Damascus, 7-11 April 2008, 1-6.
- [5] Qiuming Gong, Yaoyu Li, Zhong-Ren Peng: Trip-Based Optimal Power Management of Plug-in Hybrid Electric Vehicles. *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, Vol. 57, 2008, 3393-3401.
- [6] Siłka W.: *Energochłonność ruchu samochodu*. WNT, Warszawa 1997.
- [7] Siłka W.: *Teoria ruchu samochodu*. WNT, Warszawa 2002.
- [8] Wojewoda P.: *Metodyka doboru silnika spalinowego do wybranej konfiguracji napędu hybrydowego autobusu miejskiego*. Rozprawa doktorska, Rzeszów 2012.
- [9] Zhu Daowei, Xie Hui: Control strategy optimization of the hybrid electric bus based on remote self-learning driving cycles. *IEEE International Conference on Vehicle Power and Propulsion Conference*, Harbin, 3-5 September 2008.

INFLUENCE OF LOADS CITY BUS PASSENGERS IN SPEED PROFILE DETERMINATION

This paper presents the influence of load passengers staying in the city bus to determine the actual speed profile, which is used in the research model and simulation of city buses powered by conventional and hybrid. The paper presents the results of experimental studies of passengers staying in the city bus line 34 from the hours of the morning to evening and the corresponding selected actual speed profiles depending on the load of passengers.