

AUGUSTYN LORENC*

METODYKA PROGNOZOWANIA RZECZYWISTEGO ZUŻYCIA PALIWA

METHODOLOGY OF FORECASTING ACTUAL FUEL CONSUMPTION

Streszczenie

Niniejszy artykuł podejmuje zagadnienie prognozowania rzeczywistego zużycia paliwa przez pojazdy. Stanowi omówienie najważniejszych czynników mających wpływ na ilość zużywanego paliwa oraz przedstawia jedną z metod jego prognozowania. Jest to autorski sposób oszacowania ilości paliwa zużywanego w czasie jazdy przez pojazd w oparciu o charakterystykę trasy, parametry pojazdu oraz sposób jazdy prowadzącego go kierowcy.

Słowa kluczowe: prognozowanie zużycia paliwa, czynniki wpływające na zużycie paliwa, rzeczywiste zużycie paliwa

Abstract

This paper is about idea of forecasting the real fuel consumption of vehicles. Is an overview of the major factors affecting the amount of fuel consumed and presents one of the methods of forecasting it. It is a unique method to estimate the amount of fuel consumed while driving the vehicle based on the characteristics of the route, the parameters of the vehicle and driver's skills.

Keywords: forecasting fuel consumption, factors affecting fuel consumption, the real fuel consumption

* Mgr inż. Augustyn Lorenc, Instytut Pojazdów Szynowych, Wydział Mechaniczny, Politechnika Krakowska.

1. Wstęp

Obecnie obserwuje się wzrost cen paliwa, przez co stało się ono w ostatnich latach niemalże dwa razy droższe. Ten fakt znacząco odczuli zwykli użytkownicy pojazdów, a w jeszcze większym stopniu firmy świadczące usługi przewozowe. W dużych przedsiębiorstwach komunikacyjnych wydatki na paliwo stanowią bardzo dużą część kosztów działania przedsiębiorstwa. Dlatego racjonalne gospodarowanie paliwem dla dużych firm realizujących przewozy towarów i osób [1, 2] jest niezwykle istotne. Zmniejszenie zużycia nawet o niewielki procent oraz znalezienie słabych ogniw w systemie (np. samochody o nadmiernym zużyciu paliwa czy kierowcy jeżdżący nieekonomicznie) pozwala na poprawienie, a nawet zlikwidowanie odstępstw od normy, co w rezultacie pozwala osiągnąć znaczne oszczędności w wypadku dużej liczby przewozów.

Niniejszy artykuł przedstawia jedną z możliwych metod prognozowania rzeczywistego zużycia paliwa przez pojazd. Metoda ta może mieć zastosowanie w systemach doradczych służących do optymalizowania norm zużycia paliwa.

Na ilość zużytego paliwa ma wpływ wiele czynników. Do głównych z nich zaliczamy:

- czynniki manewrowe – wymuszone postoje i utrudnienia potoku ruchu w czasie kursu, takie jak: zjazd i wyjazd z przystanku, parkowanie, skrzyżowania, korki oraz zdarzenia losowe,
- opory związane z ruchem pojazdu oraz trasą,
- stabilizacja cieplna silnika,
- stan techniczny pojazdu,
- doświadczenie kierowców oraz technika jazdy.

Wybrane zagadnienia zostaną omówione bardziej szczegółowo.

2. Czynniki manewrowe

Dla utrudnień w trakcie pracy pojazdu znaczny wpływ ma efektywna sprawność silnika oraz układu napędowego w chwili ruszania z miejsca i włączenia się do ruchu na drodze. Takie utrudnienia nazywamy trudnymi warunkami manewrowymi i zaliczamy do nich [7]:

- przejazd pojazdu przez ręcznie otwierane bramy,
- parkowanie oraz garażowanie, w którym konieczne jest wykonanie kilku manewrów (jazda do przodu, cofanie) w celu usytuowania pojazdu w miejscu parkingowym, np. zatoczce,
- korzystanie z garażu o małych gabarytach wymuszającego zmniejszenie prędkości manewrowej,
- ograniczenie prędkości jazdy oraz wymuszenie niestacjonarnych warunków pracy silnika, np. podczas przejazdu przez progi zwalniające, krawężniki czy nierówności nawierzchni,
- utrzymanie silnika na biegu jałowym przez okres przynajmniej 30 sekund od zatrzymania, aby wykonać czynności pomocnicze, np. zamknięcie bramy, oczekiwanie na wejście/wyjście pasażerów z pojazdu,
- jazda pojazdem z prędkością do 7 km/h przez co minimum 50 m, spowodowana bardzo nierówną nawierzchnią, utrudnieniami związanymi z warunkami pogodowymi lub zagęszczeniem potoku ruchu,
- wymuszenia postoju, przyhamowania i przyśpieszania na skrzyżowaniach podporządkowanych lub z sygnalizacją świetlną.

Powyższe warunki mają różne znaczenie i wagę w zależności od tego, na jakiej trasie porusza się pojazd.

W wypadku długich tras wspomniane warunki mogą być mało istotne, ponieważ stanowią nieznaczny procent w całości zużytego paliwa, jednak dla tras krótkich nie można ich pominąć [5].

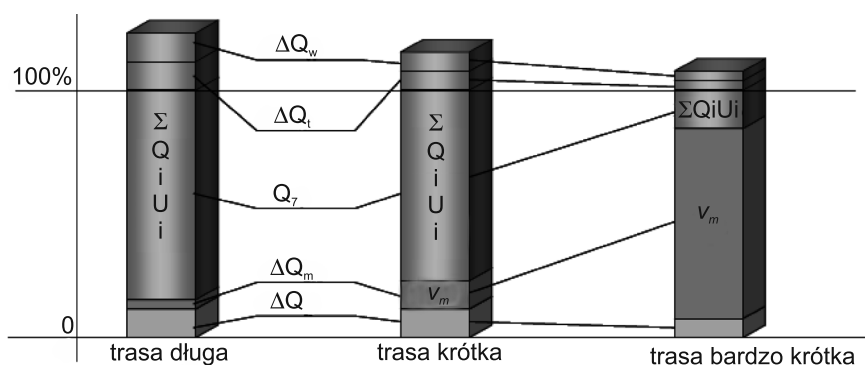
Na trasach miejskich często pojawia się problem nieuwzględnienia zużytej objętości paliwa, powstały właśnie poprzez utrudnione warunki manewrowe. Kwestia nieuwzględnionej ilości paliwa jest związana z jego zużyciem na [7]:

- pracę na biegu jałowym w trakcie włączania się do ruchu (z poziomu przystanków, skrzyżowań),
- pokonanie oporów zakrętów i zmiany kierunku ruchu,
- trudne warunki niestacjonarne.

W zależności od długości trasy poszczególne składowe zużycia paliwa mają inne znaczenie ilościowe. Składowe te zostały opisane, jako:

- ΔQ_w – poprawka uwzględniająca jazdę wybiegiem [$\text{dm}^3/100 \text{ km}$],
- ΔQ_t – poprawka uwzględniająca wpływ temperatury otoczenia, stan cieplny pojazdu oraz długość trasy [$\text{dm}^3/100 \text{ km}$],
- $\Delta Q_\tau = \sum(Q_i \cdot u_i)$ – poprawka uwzględniająca przebiegowe¹ zużycie paliwa w oparciu o udział drogowy oraz zużycie w wybranych cyklach jezdnych [$\text{dm}^3/100 \text{ km}$],
- ΔQ_m – poprawka uwzględniająca objętość manewrową paliwa [$\text{dm}^3/100 \text{ km}$],
- ΔQ_H – poprawka uwzględniająca zmianę energii potencjalnej pojazdu [$\text{dm}^3/100 \text{ km}$].

Zestawienie przedstawiające wartości udziałów ilościowych poszczególnych składowych w całości spalania paliwa zaprezentowano na rys. 1.



Rys. 1. Udział składowych zużycia paliwa w zależności od długości trasy [8]

Fig. 1. The share of fuel components in depending on the length of the route

Objętość paliwa zużytego podczas manewrów V_m na trasie dotyczy przede wszystkim warunków brzegowych, a jej udział rośnie odwrotnie proporcjonalnie do długości trasy [8]. Pojemność V_m uwzględnia utrudnione warunki pracy silnika oraz układu przenoszącego napęd od chwili włączenia się do ruchu aż do momentu zatrzymania na końcowym etapie jazdy.

¹ Jako przebiegowe zużycie paliwa autor publikacji [8] definiuje ilość paliwa zużywanego w cyklu jezdnych pojazdu na całej długości trasy

Uwzględnia ponadto ilość paliwa zużytego na dodatkowe, nieprzewidziane w obliczeniach zmiany kierunku ruchu (spowodowane np. wyprzedzaniem, omijaniem przeszkód). Objętość manewrowa uwzględnia także różnicę pomiędzy obliczonym zużyciem paliwa według modelu liniowego, a rzeczywistym – powiększonym o wykorzystanie paliwa w warunkach stabilizacji cieplnej pojazdu. Uwzględnienie w obliczeniach czasu trwania brzegowych warunków pracy pozwala na dokładniejsze wyliczenie zużytego paliwa.

Szacunkowa objętość paliwa zużytego podczas manewrów przy trasach złożonych przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1

Zestawienie objętości zużytego paliwa dla złożonych, zamkniętych tras [8]

Lp.	Trasa złożona (liczba tras)	V_m [dm ³]	Opis warunków brzegowych
1	$L = 19$ km (2)	0,10	$\Delta H = 0$ m (parkowanie uproszczone)
2	$L = 20$ km (2)	0,12	$\Delta H = 0$ m (garaż/plac parkingowy)
3	$L = 21$ km (3)	0,20	Jw. + postój 1,5 h na trasie powrotnej
4	$L = 29$ km (4)	0,25	Jak p. 2 + dodatkowa trasa 2×4,5 km
5	$L = 20$ km (2)	0,20	Jak w p. 2, lecz bardzo trudne warunki garażowania

3. Opory ruchu

Opory przy jeździe na łukach są kolejnym zjawiskiem zachodzącym w czasie jazdy, a pomijanym w bilansie cykli jezdnych. Przy małych prędkościach, np. w czasie manewru parkowania, garażowania, opory na łuku mogą być praktycznie pominięte, ponieważ wartość poślizgu bocznego opory przyjmuje znikomą wartość (przy przyśpieszeniu dośrodkowym równym 0,32 m/s²) [7]. W publikacji tej autor podaje dwa stany ruchu: po prostej oraz po łuku, w których możliwy jest pomiar zużytego paliwa. Ze względów technicznych prosta została zastąpiona przez ruch po łuku o promieniu $R = 63,7$ m do którego dobrano analogiczną prędkość. Jezdnia wykorzystana do pomiaru została wykonana z asfaltu, różnica poziomu dla 100 m odcinka wynosiła 0,5 m. W celu obliczenia współczynnika oporu toczenia pojazdu przy jeździe wybiegiem na odległości 100 m można wykorzystać zasadę zachowania energii [7]:

$$\Delta E_w = \Delta E_k + \Delta E_p \quad (1)$$

gdzie:

ΔE_w – energochłonność ruchu pojazdu przy jeździe wybiegiem na odcinku 100 m [J],

ΔE_k – różnica energii kinetycznej samochodu w punktach granicznych [J],

ΔE_p – różnica energii potencjalnej samochodu w punktach granicznych [J].

W czasie jazdy po łuku w wyniku działania siły odśrodkowej dochodzi do bocznego znoszenia pojazdu, a współczynnik zwiększa się o opory toczenia skrętu, co można zapisać za pomocą równania [7]:

$$f = f_1 + f_2 \quad (2)$$

Podstawiając do wzoru (1) równania strat związanych z energochłonnością ruchu oraz energią kinetyczną i potencjalną pojazdu, a następnie przekształcając je, otrzymujemy równanie służące do obliczenia współczynnika oporów toczenia w czasie jazdy po łuku [7]:

$$f_s = \operatorname{tg} \alpha - \frac{K \cdot v_{sr}^2}{m \cdot g \cdot \cos \alpha} + \frac{(v_1 - v_2)}{2 \cdot t \cdot \cos \alpha} + \frac{(v_1^2 - v_2^2)}{2 \cdot L \cdot g \cdot \cos \alpha} - \frac{\Delta H}{L \cdot \cos \alpha} - f_t \quad (3)$$

gdzie:

- α – kąt wzdłużnego nachylenia jezdni, $\operatorname{tg} \alpha = \Delta H / 100 \text{ m}$ [°],
- K – współczynnik oporów aerodynamicznych 0,36 [m/kg],
- m – całkowita masa pojazdu [kg],
- v_1, v_2 – prędkości: początkowa oraz końcowa pojazdu [m/s],
- v_{sr} – średnia arytmetyczna kwadratów prędkości v_1, v_2 [m/s],
- t – czas przejazdu [s],
- L – długość odcinka pomiarowego 100 [m],
- f_t – współczynnik oporów toczenia pojazdu przy jeździe po prostej, $f_t = 0,0125$,
- g – przyspieszenie ziemskie [m/s²].

Wyniki przykładowych obliczeń dla poszczególnych prędkości przyspieszeń przy zadanym promieniu przedstawiono w tabeli 2.

Tabela 2

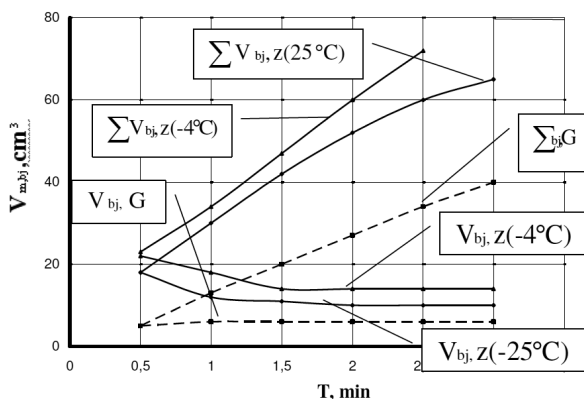
Wartości przyspieszeń dośrodkowych i ekwiwalent paliwa $V_{m,l}$ wykorzystany na pokonanie oporów toczenia przy jeździe po łuku dla zakrętu prostokątnego [7]

Lp.	Promień skrzytu R [m]	25 km/h 6,94 m/s		30 km/h 8,33 m/s		35 km/h 9,72 m/s		5 km/h 1,4 m/s	
		a [m/s ²]	$V_{m,l}$ [cm ³]	a [m/s ²]	$V_{m,l}$ [cm ³]	a [m/s ²]	$V_{m,l}$ [cm ³]	a [m/s ²]	$V_{m,l}$ [cm ³]
1	6	–	–	–	–	–	–	0,32	0
2	11	4,38	1,6	4,48	1,9	8,56	2,6	0,18	0
3	15,5	3,1	1,0	4,48	1,4	6,10	2,3	1,13	0
4	20	2,41	0,8	3,47	1,0	4,72	2,0	0,1	0
5	63,7	0,76	0,3	1,1	0,45	1,48	1,0	0,03	0

Na podstawie wyników przedstawionych w tabeli 2 można stwierdzić, że przy jeździe po łuku obejmującym kąt prosty i określonym promieniu łuku R występuje strata energii kinetycznej spowodowana poślizgiem bocznym kół jezdnych. W zależności od promienia skrzytu oraz prędkości pojazdu wynosi ona 0–2,6 cm³. Ilość zużytego paliwa na pokonywanie łuków w czasie jazdy ma istotny wpływ tylko w wypadku dużej ich liczby oraz znaczącej prędkości jazdy. Przy długości trasy do 10 km oraz liczby łuków do 10 można szacować zużycie paliwa na ich pokonanie na trasie w wysokości 0,05–0,25 dm³/100 km [7].

4. Stabilizacja cieplna silnika

Niezależnie od rodzaju trasy zawsze na jej początku silnik pracuje w warunkach bez stabilizacji cieplnej. Okres ten zależy od temperatury otoczenia – latem jest stosunkowo krótki, zaś zimą znacznie wydłużony. Natomiast w fazie końcowej przejazdu silnik pracuje przy pełnej albo częściowej stabilizacji cieplnej [3, 4]. Na rysunku 2 przedstawiono różnice objęściowe wykorzystanego paliwa przez silnik pracujący na biegu jałowym, w funkcji temperatury otoczenia oraz czasu pracy (dla silnika Ecotec 1,6 ZI).



Rys. 2. Zależność objętości manewrowej paliwa w funkcji czasu pracy silnika na biegu jałowym oraz temperatury otoczenia, dane dla pojazdu klasy B/K² [8]

Fig. 2. Dependence of the fuel volume used to maneuvers as a function of time the engine is idling, and ambient temperature, data for the vehicle class B/K

Z wykresu (rys. 2) wynika, że 1 minuta pracy silnika na biegu jałowym w warunkach stabilizacji cieplnej pochłania 13 cm³ benzyny [8]. Przy temperaturze otoczenia -4°C oraz -5°C, czyli w stanie pełnego wychłodzenia objętość zużywanego paliwa jest większa o odpowiednio 34 i 31 cm³. Analizując dalej, można stwierdzić, że dla wszystkich trzech stanów pracy w czasie 2 minut objętość wykorzystanego paliwa wynosi: 27, 61 i 53 cm³. W zależności od rodzaju samochodu wartości te będą odpowiednio różne.

W rozpatrywanym okresie – początkowym i końcowym – realizacji pracy pojazdu można dla ścisłości wprowadzić dodatkowy współczynnik proporcjonalności odpowiedzialny za czas pracy silnika na biegu luzem, tzn. z prędkością obrotową większą od prędkości na biegu jałowym, bez obciążenia silnika (godzinowe zużycie paliwa jest wprost proporcjonalne do przyrostu jego prędkości obrotowej).

² Jako pojazdy klasy B rozumie się małe pojazdy oferujące więcej miejsca niż klasyczne samochody do jazdy miejskiej, klasa K natomiast odnosi się do dużych samochodów (vanów) mogących zabrać przynajmniej 5 osób łącznie z bagażem.

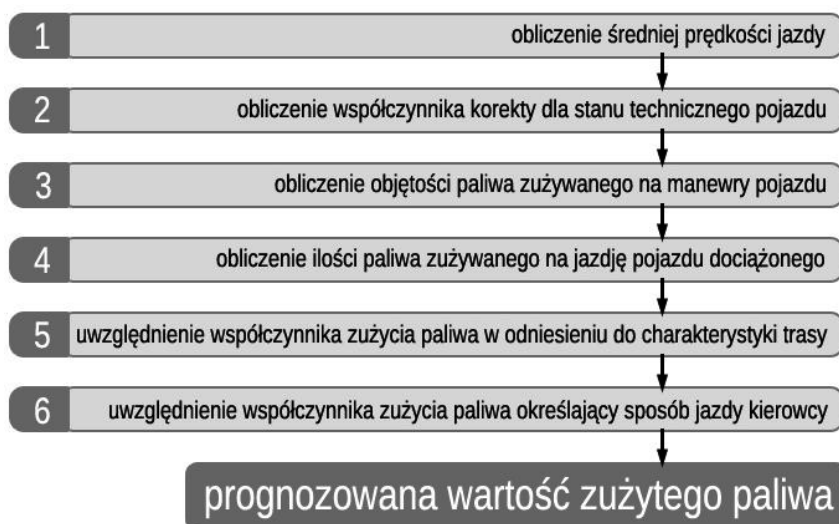
5. Metodyka prognozowania zużycia paliwa

Aby móc programowo oszacować ilość zużywanego paliwa przez pojazd, należy uwzględnić wiele czynników. System prognozowania powinien uwzględniać:

- długość trasy,
- temperatura otoczenia,
- zmiany energii potencjalnej oraz kinetycznej samochodu,
- brzegowe warunki ruchu,
- natężenie zmian kierunku ruchu,
- stan cieplny silnika,
- nawierzchnia drogi,
- stopień załadowania pojazdu (obciążenie),
- technika jazdy,
- sprawność układu napędowego,
- stan oraz rodzaj ogumienia pojazdu,
- wpływ prędkości wiatru.

Prognozowanie zużycia paliwa jest procesem złożonym i trudnym do realizacji, choćby z tego powodu, że nie istnieje jednoznaczny wzór określający zużycie paliwa przez pojazdy różnego typu. Na rynku występują znaczne różnice pomiędzy poszczególnymi typami pojazdów, warunkami eksploatacji i innymi czynnikami, co zauważono między innymi w publikacji [6].

Pomimo że w literaturze nie występuje wzór umożliwiający prognozowanie, to jednak można podjąć próbę jego sformułowania w sposób łatwy do zaimplementowania w systemie komputerowego wspomaganie. Zmierzając do tego, poszczególne kroki obliczeń wykonywanych w celu oszacowania zużywanego paliwa można przedstawić na rys. 3.



Rys. 3. Kroki postępowania przy prognozowaniu zużycia paliwa

Fig. 3. The steps in predicting fuel consumption

Dla każdego kursu pojazdu obliczenia służące do prognozowania rzeczywistego zużycia paliwa mogą być wykonywane w taki sam sposób.

Pierwszym krokiem jest obliczenie czasu przejazdu. W tym celu rzeczywista godzina odjazdu i przyjazdu musi być zmieniona z formatu gg:mm:ss na czas mierzony w minutach. Następnie należy odczytać informacje na temat trasy: jej długości, liczby przystanków, liczby sygnalizacji świetlnych, liczby łuków, liczby progów zwalniających oraz typu trasy powiązanego z odpowiednim współczynnikiem korekty. Na podstawie czasów przyjazdu i wyjazdu oraz długości trasy obliczana jest średnia prędkość jazdy, którą opisuje wzór (4):

$$V_{sr} = \frac{L}{(t_p - t_o) \cdot 60} \quad (4)$$

gdzie:

- V_{sr} – średnia prędkość jazdy [km/h],
- L – długość trasy [km],
- t_p – czas przyjazdu [min],
- t_o – czas odjazdu [min].

Kolejnym krokiem jest odczytanie danych o pojeździe: zużycia paliwa na postoju, dla trasy miejskiej i pozamiejskiej, masy własnej i całkowitej, rocznika produkcji oraz przebiegu pojazdu. W oparciu o wcześniej wyliczoną we wzorze (4) średnią prędkość jazdy może być wybrana wartość zużycia paliwa (s) dla trasy miejskiej lub pozamiejskiej.

Na zużycie paliwa ma wpływ stan techniczny pojazdu, dlatego też należy obliczyć dla niego odpowiedni współczynnik korekty. Najprostszą metodą jest ustalenie dodatkowego – obliczeniowego współczynnika korekty zużycia paliwa odnoszącego się do stanu technicznego pojazdu (w tym przypadku jego wartość może być przyjęta doświadczalnie, np. jako 0,2) oraz przemnożenie wartości tego współczynnika przez szacowany spadek cech opisujących stan techniczny pojazdu. Wzór (5) opisuje sposób obliczenia wspomnianego współczynnika korekty dla stanu technicznego.

$$k_p = 1 + \left(w_1 \cdot (d_a - d_p) + w_2 \cdot \frac{p}{p_r} \right) \cdot k_t \quad (5)$$

gdzie:

- k_p – współczynnik korekty zużycia paliwa w zależności od stanu technicznego pojazdu,
- w_1 – współczynnik wagi odnoszący się do stopnia zużycia pojazdu w zależności od daty produkcji pojazdu, wynoszący 0,35, gdzie: $w_1 + w_2 = 1$,
- w_2 – współczynnik wagi odnoszący się do stopnia zużycia pojazdu w zależności od liczby przejechanych kilometrów, wynoszący 0,65,
- d_a – bieżący rok,
- d_p – data określająca rok produkcji pojazdu,
- p – aktualny przebieg pojazdu [km],
- p_r – szacowana liczba przejechanych kilometrów rocznie przy niewielkiej intensywności eksploatacji [km] (do obliczeń przyjęto wartość 20 000),
- k_t – obliczeniowy współczynnik korekty w zależności od stanu technicznego pojazdu (do obliczeń przyjęto wartość 0,02).

Kolejnym krokiem jest obliczenie objętości manewrowej paliwa. W tym celu należy wykorzystać informacje o trasie opisujące jej przebieg, takie jak: liczba przystanków, liczba sygnalizacji, liczba łuków, liczba progów zwalniających oraz oszacować ilość paliwa zużytego na poszczególne utrudnienia płynności ruchu.

W swojej publikacji [7] autor opisuje ilości paliwa przypadające na poszczególne czynności manewrowe. Można założyć także, że okres poświęcony na postój na każdym przystanku wynosi średnio 10 sekund, natomiast na skrzyżowaniach z sygnalizacją świetlną 5 sekund. Na tej podstawie można określić wartości współczynników występujących we wzorze (6) określającym objętość paliwa przypadającą na wykonywane manewry:

$$V_m = i_p \cdot 0,02 + i_s \cdot 0,01 + (i_z + i_p) \cdot 0,0026 + \frac{s_p}{6} \cdot (i_{pz} + 0,5 \cdot i_s) \quad (6)$$

gdzie:

- V_m – objętość manewrowa [dm^3],
- i_p – liczba przystanków,
- i_s – liczba sygnalizacji świetlnych i skrzyżowań podporządkowanych,
- i_z – liczba zakrętów,
- i_{pz} – liczba progów zwalniających,
- s_p – liczba zużytego paliwa w czasie jedno minutowego postoju [dm^3].

Obliczenie ilości zużytego paliwa na jazdę przy większej masie niż przewiduje producent w czasie testów (uwzględniona tylko masa własna pojazdu i masa kierowcy) opiera się na obliczeniu maksymalnej ładowności pojazdu oraz jego średniego napełnienia. Zdarza się, że czasem pojazd jedzie prawie pusty lub przepełniony, jednak średnio przy nieobciążonych trasach pojazd nie jest w całości obciążony. Przyjmując średnie napełnienie pojazdu na poziomie 0,75, dodatkową masę pojazdu można obliczyć ze wzoru (7).

$$m_d = (m_c - m_w - m_k) \cdot 0,75 \quad (7)$$

gdzie:

- m_d – masa dodatkowa [kg],
- m_c – masa całkowita pojazdu [kg],
- m_w – masa własna pojazdu [kg],
- m_k – przykładowa waga kierowcy, przybierająca wartość 80 kg.

Na podstawie obliczonej we wzorze (7) dodatkowej masy obliczamy objętość zużytego paliwa przypadającego na każde dodatkowe 100 kg masy podczas jazdy pojazdu dociążonego. Wartość ta wynosi 0,5 $\text{dm}^3/100 \text{ km}$ [9]. W odniesieniu do całej długości trasy objętość tę obliczamy ze wzoru (8):

$$V_k = \frac{m_d}{100} \cdot \frac{L \cdot 0,5}{100} \quad (8)$$

gdzie:

- V_k – objętość zużytego paliwa na całej trasie na jazdę pojazdu dociążonego [dm^3/km],
- m_d – masa dodatkowa [kg],
- L – długość trasy [km].

Jeśli natomiast bierzemy pod uwagę pojazd lub kierowcę, wzór odnoszący się do dystansu 100 km i przybiera postać:

$$V_k = \frac{m_d}{100} \cdot 0,5 \quad (9)$$

gdzie:

- V_k – objętość zużytego paliwa na jazdę pojazdu dociążonego [dm³/km],
 m_d – masa dodatkowa [kg].

Biorąc alternatywnie wartości ze wzoru (8) lub (9), można ostatecznie oszacować zużycie paliwa na podstawie wzoru:

$$V_c = s \cdot k_t \cdot k_{sj} \cdot k_p + V_m + V_k \quad (10)$$

gdzie:

- V_c – prognozowane zużycie paliwa [dm³/km],
 s – zużycie paliwa przez pojazd podawane przez producenta [dm³/km],
 k_t – współczynnik korekty dla typu trasy,
 k_{sj} – współczynnik korekty dla sposobu jazdy kierowcy,
 k_p – współczynnik korekty zużycia paliwa w zależności od stanu technicznego,
 V_m – objętość manewrowa [dm³],
 V_k – objętość zużytego paliwa na jazdę pojazdu dociążonego [dm³/km].

Wzór końcowy (10) ujmuje wszystkie najistotniejsze czynniki wpływające na ilość zużywanego paliwa. Wydaje się, że można pominąć wpływ stabilizacji cieplnej silnika i pojazdu oraz wynikającego z nich dodatkowej ilości paliwa, ponieważ nie mają znaczącego wpływu na zmianę zużycia paliwa przez pojazd.

6. Wnioski

Jak już wcześniej wspomniano, zużycie paliwa przez pojazdy stanowi znaczną część w całości kosztów ponoszonych przez przedsiębiorstwa transportowe, dlatego istotne jest racjonalne zarządzanie i kontrola zużycia paliwa przez pojazdy. Nie jest możliwe jednak nadzorowanie tego procesu wyłącznie przez człowieka, ponieważ ilość informacji, które trzeba uwzględnić, oraz liczba obliczeń, jakie muszą być wykonane, aby móc poprawnie oszacować ilość zużytego paliwa przez pojazd, jest zbyt duża. Aby móc nadzorować w przedsiębiorstwie transportowym ilość zużywanego paliwa przez pojazdy, musiałby istnieć wieloosobowy dział zajmujący się tylko tym problemem. Obecny rozwój technologii pozwala jednak zastąpić pracę tak dużej liczby osób dzięki systemom informatycznym – doradczym. Oferują one przetwarzanie i analizę wprowadzonych danych w czasie rzeczywistym, a także podpowiadają możliwe rozwiązania problemu. Zaprezentowana w artykule metoda może mieć zastosowanie w tego typu systemach. Umożliwiają one zmniejszenie kosztów ponoszonych przez firmy, a ponadto przyczyniają się do zmiany mentalności prowadzących pojazdy, przez co kierowcy sprawują nad sobą swojego rodzaju samokontrolę. Znaczenie takich systemów jest wprost proporcjonalne do wielkości przedsiębiorstwa

Wykorzystanie opisanej metody prognozowania zużywanego paliwa pozwoliłoby także na użycie systemu wspomagania podczas planowania tras oraz rozkładu jazdy. W przypadku dla tras istniejących system pozwalałby także na wykrywanie pojazdów, które charakteryzują się nadmiernym zużyciem paliwa i powinny być naprawione bądź wymienione na nowe z powodów ekonomicznych. Ponadto umożliwiałby odnalezienie kierowców jeżdżących nieekonomicznie, którzy powinni być wysłani na dodatkowe przeszkolenia lub wykorzystujących paliwo do innych celów.

Literatura

- [1] Feigenbaum E.A., Feldman J., *Steps toward artificial intelligence*, *Computers and Thought*, MxGraw-Hill, New York 1975.
- [2] Flakiewicz W., *Systemy informacyjne w zarządzaniu. Uwarunkowania, technologie, rodzaje*, Wydawnictwo C.H. Beck, Warszawa 2002.
- [3] Gazewski T., *Jak zachować nominalne zużycie paliwa*, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 1990.
- [4] Grzegorzczak A., *Zarys logiki matematycznej*, PWN, Warszawa 1984.
- [5] Siłka W., *Teoria ruchu samochodu*, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 2002.
- [6] Siłka W., *Teoria ruchu samochodu, energochłonność ruchu i zużycie paliwa*, Wyższa Szkoła Inżynierska w Opolu, Opole 1994.
- [7] Ubysz A., *Problem „niedoliczenia” W programie Eko-drive '05 przebiegowego zużycia paliwa w samochodzie na krótkich trasach przejazdu*, *Problemy Transportu* z. 3/1, 2007.
- [8] Ubysz A., *Prognozowanie zużycia paliwa w samochodzie osobowym w ruchu rzeczywistym*, *Czasopismo Techniczne, Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej*, z. 6-M/2008.
- [9] Strona internetowa www.auto-swiat.pl (wg stanu z dnia: 8.01.2011).