

Aleksander UBYSZ

NUMERYCZNA METODA OBLICZEŃ PRZEBIEGOWEGO ZUŻYCIA PALIWA W SAMOCHODZIE OSOBOWYM Z SILNIKIEM ZS

Streszczenie. W pracy na podstawie przyjętej charakterystyki ogólnej sprawdzono dokładność obliczeń przebiegowego zużycia paliwa 18 samochodów osobowych z silnikami ZS dla homologacyjnych cykli jezdnych. Sprawdzono także dokładność opracowanej przez autora numerycznej metody dla dwu samochodów klasy C eksploatowanych w skrajnie różnych warunkach jazdy rzeczywistej.

NUMERAL METHOD OF MILEAGE FUEL CONSUMPTION FOR CARS WITH CI ENGINE

Summary. In the report, based on the engine map, there was checked the exact of calculation of mileage fuel consumption for homologation cycle of 18 cars with CI engine, as well as exact of calculation for authors worked out method for 2 cars class C used in extremely different condition of real ride.

1. WSTĘP

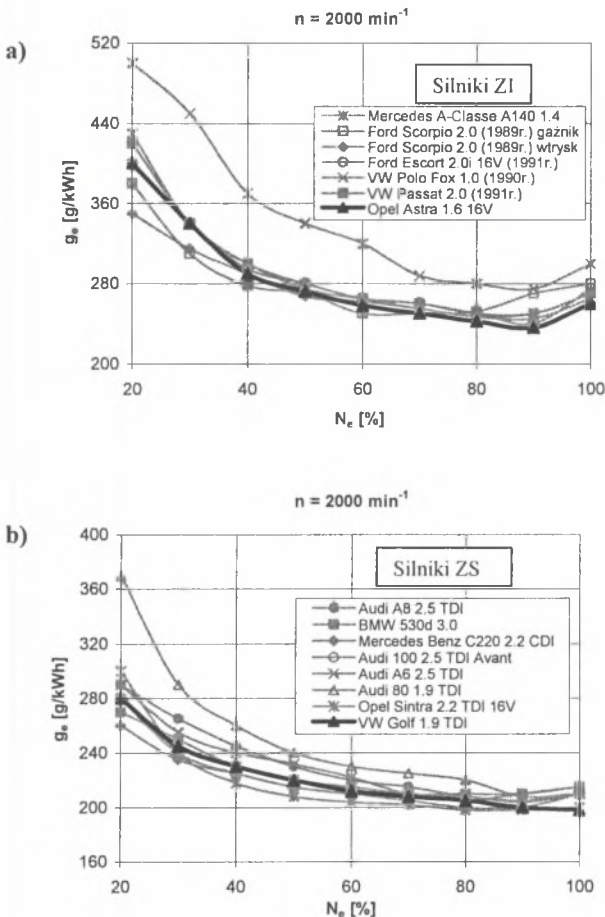
We wcześniejszych opracowaniach wykazano, że zaproponowana przez autora analityczna metoda obliczania przebiegowego zużycia paliwa w samochodzie osobowym z silnikiem ZI na podstawie energochłonności ruchu daje zadowalające wyniki, gdy uwzględnia się parametry i wskaźniki najbardziej wpływające na zużycie paliwa [1 - 6].

Do obliczeń numerycznych przyjęto jako wzorzec charakterystykę ogólną silnika 1,9 TDI VW/Audi, którą w postaci macierzy liczbowej wartości jednostkowego zużycia paliwa w polu pracy większości silników ZS DI można zaadaptować do obliczeń poprzez dobór wartości współrzędnych charakterystyki i współczynnika korekcyjnego K_o macierzy [7, 8]. W pracy przedstawiono wyniki procesu adaptacji tej charakterystyki dla 18. wybranych samochodów osobowych, wyrażone dokładnością obliczeń ich przebiegowego zużycia paliwa w cyklach jezdnych miejskim i drogowym. Na zakończenie zaprezentowano technikę obliczeń numerycznych przebiegowego zużycia paliwa dla szczególnych przypadków jazdy rzeczywistej samochodów Fiat Stilo 1,9 JTD Wagon (przykład I) i Skoda Octavia 1,9 TDI (przykład II). W pierwszym przypadku jest to przejazd z miejscowości A (700 m n.p.m.) do B (285 m n.p.m.) drogami krajowymi I i II klasy na odcinku długości 167 km ze średnią prędkością 64 km/h. W drugim przypadku jest to przejazd autostradami (95%) z miejscowości A (272 m n.p.m.) do B (16 m n.p.m.) na dystansie 840 km z prędkością średnią 130 km/h. Zastosowana po raz pierwszy do samochodów z silnikami ZS metoda obliczeń przebiegowego zużycia paliwa wychodzi naprzeciw znacznemu zapotrzebowaniu świata naukowego [9 - 12].

2. CHARAKTERYSTYKI OGÓLNE SILNIKÓW ZS

W obliczeniach numerycznych przebiegowego zużycia paliwa charakterystyka ogólna jest przedstawiona jako macierz liczbowa wartości jednostkowego zużycia paliwa silnika g_e w polu charakterystyki. Jej współrzędne dobiera opracowany, pod kierunkiem autora, program obliczeń numerycznych „Eco-Drive 2003” wykorzystujący wprowadzone dane pojazdu i silnika [7, 8, 13, 14].

Program, w ramach adaptacji charakterystyki ogólnej, przewiduje zmianę wartości g_e macierzy o stałą wartość mniejszą lub większą od 1, zwaną wskaźnikiem korekcji charakterystyki ogólnej K_o (patrz tab.1 - korekta) oraz zmianę zmiennej niezależnej przez korektę prędkości obrotowej, odpowiadającej maksymalnemu momentowi obrotowemu silnika - n_M . Operacje te uzasadnia porównanie g_e dla różnych charakterystyk ogólnych silników ZS, które - ze względu na czytelność zestawienia - ograniczono do porównania ich charakterystyk obciążeniowych na rys. 1b. Operacje te z równie dobrym skutkiem stosowano w obliczeniach przebiegowego zużycia paliwa w warunkach jazdy rzeczywistej w samochodach z silnikami ZI [7].



Rys.1. Porównanie charakterystyk obciążeniowych silników ZI (a) i ZS (b) dla $n = 2000 \text{ min}^{-1}$
 Fig.1. Comparison of load characteristics for SI (a) and CI (b) engine for $n = 2000 \text{ min}^{-1}$

3. WERYFIKACJA CHARAKTERYSTYKI OGÓLNEJ

Wyniki numerycznych obliczeń przebiegowego zużycia paliwa samochodów osobowych z silnikami ZS w homologacyjnych cyklach jezdnych wraz z korektą charakterystyki zestawiono w tab.1, a zilustrowano na rys.2.

Według założeń autora każde obliczanie przebiegowego zużycia paliwa samochodu osobowego metodą numeryczną za pomocą programu „Eco-Drive 2003” przewiduje wybór odpowiedniej charakterystyki ogólnej (ZI, ZI GDI, ZS) oraz jej korekcję w zakresie opisanym w p.2 w taki sposób, aby odchyłki przebiegowego zużycia paliwa obliczane w cyklach miejskim i drogowym nie przekraczały $\pm 3\%$. W przypadku cyklu miejskiego duży wpływ na dokładność obliczeń ma odpowiedni dobór godzinowego zużycia paliwa na biegu jałowym G_j . Należy uwzględnić w nim takie energooszczędne układy stosowane we współczesnych silnikach, jak urządzenie wyłączające silnik w czasie zatrzymania pojazdu (Stop i Start – rzadko stosowany) lub często już stosowany układ wyłączający wtrysk paliwa przy rewersji napędu (koła – silnik). Niestety, wiedza na ten temat nie zawsze jest łatwo dostępna.

Dopiero wówczas, gdy przebiegowe zużycie paliwa w homologacyjnych cyklach jezdnych zostanie wyliczone z dostateczną dokładnością, można przystąpić do dalszych obliczeń przebiegowego zużycia paliwa pojazdu w warunkach jazdy rzeczywistej na dowolnym, odpowiednio długim dystansie (min. 30 - 50 km, gdyż na krótszych odcinkach coraz większy wpływ na zużycie paliwa mają nieefektywne z punktu widzenia przebiegowego zużycia paliwa, tzw. manewrowe warunki pracy samochodu).

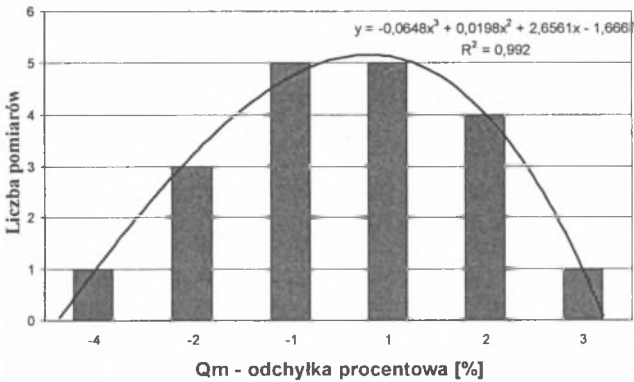
Tabela 1

Rozrzut błęd wyników obliczeń przebiegowego zużycia paliwa w cyklach jazdy miejskiej i drogowej samochodów napędzanych silnikami ZS

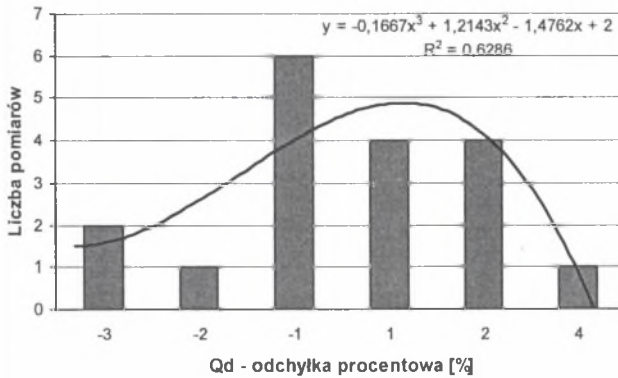
Lp.	Marka pojazdu	Korekta	Cykl $\text{dm}^3/100 \text{ km}$, %										
			miejski			drogowy			SG_F^1	SG_S^2	AB^3		
			Q_{kat}	Q_{obl}	$\Delta Q[\%]$	Q_{kat}	Q_{obl}	$\Delta Q[\%]$	Q_{obl}	Q_{obl}	Q_{obl}		
1.	Alfa 156 Sportwagon 2,4 JTD	6	9,00	9,07	-0,81	5,60	5,54	1,05	18,09	34,49	7,46		
2.	BMW 320 2,0d	-9	7,70	7,64	0,78	4,80	4,84	-0,99	16,56	33,51	6,63		
3.	BMW 530 3,0d	-2	10,00	10,14	-1,42	5,90	5,80	1,58	21,08	42,52	7,43		
4.	Fiat Stilo 1,9 JTD	-6	7,10	6,95	2,05	4,60	4,73	-2,89	14,41	32,24	7,64		
5.	Ford Mondeo 2,0 DI	-14	8,20	8,17	0,24	4,60	4,58	0,39	15,80	31,16	6,75		
6.	Ford Focus 1,8 TDDi	-2	6,80	6,71	1,29	4,10	4,14	-1,10	13,90	29,22	6,65		
7.	Mercedes-Benz C220 CDI	-11	8,20	8,52	-3,79	5,10	4,93	3,32	14,95	28,47	6,99		
8.	Mercedes-Benz C250 TD	6	11,00	11,02	-0,24	6,20	6,14	0,96	19,41	36,47	7,93		
9.	Mercedes-Benz E220 CDI	-13	9,40	9,54	-1,49	5,70	5,59	1,82	17,68	30,42	7,48		
10.	Mercedes-Benz E270 CDI	-24	9,60	9,70	-1,10	5,60	5,52	1,35	19,48	38,08	7,87		
11.	Mercedes-Benz E320 CDI Kompresor	-9	11,30	11,24	0,50	5,90	5,94	-0,83	26,27	66,30	7,48		
12.	Opel Corsa 1,7 DTI	-9	5,80	5,805	-0,09	4,10	4,103	-0,08	12,39	25,20	7,25		
13.	Peugeot 406 2,0 HDI	-11	7,50	7,54	-0,58	4,70	4,67	0,59	16,45	32,96	6,86		
14.	Peugeot Partner Combispace 2,0 HDI	5	7,00	7,00	-0,03	4,70	4,73	-0,66	14,17	29,66	6,65		
15.	Renault Laguna 1,9 dCi	-10	7,40	7,25	2,03	4,80	4,90	-2,18	15,34	30,64	7,31		
16.	Renault Scenic 1,9 dTi RT	1	7,40	7,36	0,50	4,90	4,91	-0,27	14,72	30,32	7,43		
17.	Škoda Octavia 1,9tdi Combi	-7	6,60	6,59	0,02	4,20	4,21	-0,34	13,66	28,91	6,37		
18.	Volkswagen Sharan 1,9 TDI	-21	8,30	8,43	-1,54	5,20	5,12	1,47	15,19	26,90	8,24		
Średni błąd względny obliczeń [%]						-0,20				0,18			
Rozrzut względnego błędu obliczeń [%]						od	-3,79				-2,89		
						do	2,05				3,32		

¹⁾ – cykl jezdny potokowy STOP&GO Fast ($v_{\text{sr}} = 6,71 \text{ km/h}$), ²⁾ – STOP&GO Slow ($v_{\text{sr}} = 2,43 \text{ km/h}$), ³⁾ - cykl autostradowy ($v_{\text{sr}} = 119,2 \text{ km/h}$ dla samochodów o $v_{\text{max}} \geq 160 \text{ km/h}$).

a)



b)



Rys.2. Rozkład błędów obliczeń przebiegowego zużycia paliwa dla 18 wybranych samochodów osobowych z silnikami ZS DI w cyklach miejskim (a) i drogowym (b)

Fig.2. Errors calculation schedule for mileage fuel consumption in urban cycles (a) and traffic ride cycles (b) for 18 chosen cars with CI DI engines

Do manewrowych warunków zaliczyć należy zatrzymania pojazdu związane z rozpoczynaniem i kończeniem przejazdu na trasie (duży wpływ wjazdu do garażu bez automatycznie otwieranej bramy), wszelkiego rodzaju manewry zawracania, czynności związane z obsługą: zatrzymanie pojazdu w celu przetarcia szyb lub innym, tankowanie czy pompowanie opon na stacji benzynowej itp. W pewnym stopniu zużycie paliwa w manewrowych warunkach pracy można uwzględnić za pomocą przebiegowego zużycia paliwa w opracowanym przez autora cyklu STOP & GO Slow (SG_S) odpowiadającym jeździe na bardzo zatłoczonych ulicach ($v_{sr} = 2,43 \text{ km/h}$) [6].

4. PRZYKŁADY OBLICZEŃ

4.1. Charakterystyka pojazdów

Do obliczeń przebiegowego zużycia paliwa w warunkach jazdy rzeczywistej wybrano dwa skrajne przykłady techniki jazdy: spokojnej i dynamicznej, realizowanej z dużą prędkością przejazdu, zarejestrowane na różnych samochodach kierowanych przez różnych kierowców. Charakterystykę obu pojazdów przedstawia tab.2.

Z uwagi na duże zróżnicowanie tras pomiarowych nie będących zamkniętymi pętlami przejazdu dla obu przykładów obliczeń numerycznych obliczenia muszą być prowadzone oddzielnie.

Tabela 2

Dane techniczno-eksploatacyjne i obliczeniowe samochodów osobowych z silnikami ZS DI

Marka i model	FIAT STILO 1.9 JTD (P.I)	SKODA OCTAVIA 1,9 TDI KOMBI (P.II)
Jednostka napędowa		
rodzaj	Diesel	Diesel
pojemność skokowa, [cm ³]	1910	1896
moc max., [kW/obr./min]	59/4000	66/4000
max. moment obr., [Nm/obr./min]	196/1500	210/1900
Układ napędowy		
przełożenia biegów I/II/III/IV/V	3,909/2,238/1,520/ 1,156/0,919	3,778/2,118/1,36/ 0,971/0,756
przełożenie przekł. głównej	3,053	3,389
V max, [km/h]	170	182
t rozpędzania 0-100 km/h, [s]	14,4	13,2
rozmiar opon, -	195/65 R 15	190/65 R 15
pojemność zbiornika paliwa, dm ³	58	55
masa własna pojazdu, kg	1305	1300
szerokość/ wysokość pojazdu, mm	1756/1525	1735/1457
wsp. wypełnienia pow. czołowej C _x , -	0,33	0,32
wsp. oporów toczenia f _t , -	0,013	0,013
Zużycie paliwa z ład.(Z i R)¹ kg: dm³/100 km	Obliczone (75- 300)/katalogowe	Obliczone(75-100)/ka- talogowe
cykl miejski, Q _M	6,9-7,1/7,1	6,5-6,7/6,6
cykl drogowy, Q _D	4,7-5,1/4,6	4,2-4,2/4,2
cykl autostradowy, Q _A	5,3-5,6	5,3-5,3
cykl STOP&GO Fast, Q _{SGF}	14,4-16,5	13,6-14,3
cykl STOP&GO Slow, Q _{SGS}	32,2-39,5	28,9-32,4

¹ - Z- obciążenie pojazdu znormalizowane (75 kg + 90% paliwa w zbiorniku), R- obciążenie rzeczywiste.

4.2. Przykład obliczeń I: trasa o długości 167 km, $\Delta H = -415$ m npm., kierunek pn-z

W dolnej części tab.2 przedstawiono obliczone numerycznie przebiegowe zużycie paliwa w 5 interesujących nas cyklach jezdnych samochodu z obciążeniem znormalizowanym (6,9 - 7,1/7,1 dm³/100 km) i rzeczywistym (6,9 - 7,1/7,1 dm³/100 km). Natomiast wartość za ułamek jest zestawionym z obliczeniowymi katalogowym przebiegowym zużyciem paliwa w homologacyjnych cyklach jezdnych – miejskim i drogowym. W tab. 3 zaprezentowano niezbędne do obliczeń numerycznych dane charakteryzujące przebytą trasę oraz obliczone udziały drogi przejechanej w każdym z cykli jezdnych.

W dolnej części tabeli 3 zestawiono kolejne obliczone wartości przebiegowego zużycia paliwa samochodu na danej trasie dla temperatury ustalonej normą 93/116/CE - 266 K (Q_7), dla średniej temperatury otoczenia w czasie przejazdu z uwzględnionym współczynnikiem stabilizacji temperatury pojazdu (Q_T) oraz po uwzględnieniu zmiany energii potencjalnej - Q_{TH} z zużyciem rzeczywistym Q_{rz} .

W obliczeniach, jak to przedstawiono w pracy [15], przyjęto dla cyklu autostradowego współczynnik dynamiki jazdy w cyklu autostradowym najniższy z możliwych (0,8 – 1,6), w tym przypadku 0,8. Uwzględnienie średniej temperatury otoczenia 283 K i współczynnika stabilizacji temperaturowej pojazdu $I_z = 0,85$ [16] w równaniach:

$$L_z = L_c/I_z \quad (1)$$

$$Q_T = Q_7 - \Delta T Q_K L_z/100 \text{ [dm}^3/100 \text{ km]} \quad (2)$$

gdzie:

- ΔT – różnica temperatur pomiędzy temperaturą znormalizowaną pomiaru 266 K a średnią temperaturą pomiarów zużycia paliwa na wybranym odcinku drogi, K,
- Q_7 – przebiegowe zużycie paliwa obliczone w określonej normie temperaturze, dm³/100 km,
- L_z – średnia długość odcinków przejechanej drogi pomiędzy zimnymi startami, km,
- Q_K – stały współczynnik określający wpływ temperatury zimnych rozruchów na zużycie paliwa, dm³/K,

pozwała obliczyć $Q_T = 4,57$ dm³/100 km. Ponieważ trasa przejazdu nie przebiega po zamkniętej pętli, w obliczeniach często należy uwzględnić zmianę energii potencjalnej samochodu, którą za pomocą równania (3) można przeliczyć na odzyskane lub stracone paliwo, uwzględniając wartość średniej sprawności efektywnej silnika η_e (0,28).

$$\Delta V_p = (E_p/\eta_e)/W_{dv} = 1600 \cdot 9,81 \cdot 415/0,28/36 \cdot 10^6 = 0,65 \text{ dm}^3 \quad (3)$$

gdzie: E_p – energia potencjalna samochodu tracona lub zyskana w wyniku zmiany położenia w m npm, J,

W_{dv} – objętościowa wartość opałowa paliwa, J/dm³.

Przeliczenie paliwa zaoszczędzonego na stracie energii potencjalnej pojazdu (ΔV_p) na przebiegowe ukazuje - na stosunkowo krótkiej trasie przejazdu - istotne obniżenie przebiegowego zużycia paliwa o $\Delta Q_H = 0,39$ dm³/100 km.

4.3. Przykład obliczeń II: trasa długości 840 km, $\Delta H = -260$ m, kierunek pn-z

W górnej części tabeli 3 przedstawiono również uzupełniające dane niezbędne do obliczeń numerycznych przebiegowego zużycia paliwa na trasie dla samochodu z przykładu obliczeń II. Wyniki obliczeń z udziałem procentowym drogi przebytej w każdym z dobranych cykli jezdnych oraz przebiegowe zużycie paliwa wyliczone na podstawie zużycia w tych cyklach

widoczne są w dolnej części (wyniki obliczeń przebiegowego zużycia paliwa w cyklach jezdnych umieszczono w tab.2).

W tym przykładzie obliczeń trasa przejazdu w 96% odbywa się po autostradach, w związku z czym bardzo wysoka średnia prędkość przejazdu przypadająca na cykle jezdne drogowe i autostradowe eliminuje ten pierwszy z udziału w drodze, a w drugim obliczone przebiegowe zużycie paliwa należy skorygować za pomocą dobranego z rys.3 współczynnika nadmiernej prędkości jazdy w cyklu autostradowym K_{AV} . Współczynnik ten uwzględnia wzrost przebiegowego zużycia paliwa w cyklu autostradowym w wyniku wzrostu oporów aerodynamicznych.

Poza tym, przy tak szybkiej jeździe należy przyjąć odpowiednio duży współczynnik dynamiki jazdy w cyklu autostradowym K_{AD} , z wymienionego wcześniej zakresu wartość najwyższą – 1,6.

Tabela 3

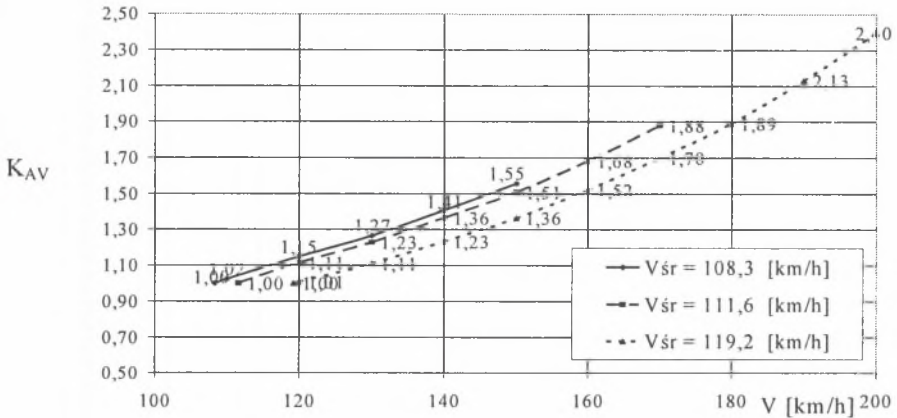
Charakterystyka tras przejazdu z przykładu obliczeń I i II i dalsze wyniki obliczeń

Opis danych pomiarowych i obliczonych nie podanych w tab.2		Oznaczenie/wymiar	Przykład I	Przykład II
Dane odcinka pomiarowego				
Temperatura otoczenia		T / K	283	281
Całkowity czas jazdy		T_C / s	9420	2340
Droga całkowita		L_C / m	167000	840000
Średnia prędkość przejazdu		V_{sr} / km/h	64	132
Czas wymuszonych zatrzymań		T_p / s	180	800
Czas jazdy w potoku		T_{SG} / s	0	1000
Droga jazdy w potoku		L_{SG} / m	0	800
Różnica H w m npm. ($H_B - H_A$)		ΔH / m	-415	-260
Dane obliczone				
Liczba stabilizacji cieplnej pojazdu [15]		I_z / -	0,85	0,85
Udziały przejechanej drogi w cyklu	STOP & GO	U_{SG} / %	0	0,1
	miejskim	U_M / %	1,81	1,6
	drogowym	U_D / %	85,35	0
	autostradowym	U_A / %	12,84	98,3
Przebiegowe zużycie paliwa obliczeniowe		Q_7 / $dm^3/100$ km	4,85	11,05
Przebiegowe zużycie paliwa z równ. (1)		Q_T / $dm^3/100$ km	4,57	9,79
Przebiegowe zużycie paliwa z równ. (2)		Q_{TH} / $dm^3/100$ km	4,18	9,75
Przebiegowe zużycie paliwa zmierzone		Q_{rz} / $dm^3/100$ km	4,30	10,0

Do równania na obliczanie współczynnika korekcyjnego przebiegowego zużycia paliwa w cyklu autostradowym [15] z wykresu na rys.3 dobrano wartość współczynnika nadmiernej prędkości K_{AV} dla linii punktowej i prędkości jazdy 150 km/h. Wartości obu współczynników podstawiono do równania (4):

$$K_A = K_{AV} \cdot K_{AD} = 1,36 \cdot 1,60 = 2,176$$

(4)



Rys.3. Wykres z charakterystykami współczynnika nadmiernej prędkości jazdy w cyklu autostradowym K_{AV} dla 3 grup samochodów osobowych

Fig.3. Diagram with speed ratio characteristic in highway K_{AV} cycle for 3 groups of cars

W tym przykładzie obliczeniowym na tak długim odcinku pomiarowym zmiana energii potencjalnej pojazdu nie ma większego wpływu na zużycie paliwa ($-0,04 \text{ dm}^3/100 \text{ km}$), w przeciwieństwie do wpływu temperatury otoczenia i współczynnika stabilizacji termicznej pojazdu (spadek przebiegowego zużycia paliwa o $1,32 \text{ dm}^3/100 \text{ km}$). Dla obu przykładów przejazdu, nie będących pętlami zamkniętymi, nie uwzględniono wpływu wiatru, gdyż jego składowa prędkość na kierunku jazdy nie miała większego znaczenia.

W wybranych przykładach przedstawiono technikę obliczeń przebiegowego zużycia paliwa samochodów osobowych napędzanych silnikami ZS DI opartej na reprezentatywnej charakterystyce ogólnej, stosując opracowany przez autora algorytm, bazujący w obliczeniach na zużyciu w pięciu wybranych cyklach jezdnych [13]. Tak jak w przypadku samochodów z silnikami ZI, również i w tym przypadku wyniki obliczeń przebiegowego zużycia paliwa pojazdu w warunkach jazdy rzeczywistej są wystarczająco dokładne, aby tą metodę wykorzystać do celów projektowych, szacunkowych ocen korzyści energetycznych wynikających z rozbudowy infrastruktury dróg czy nowych zespołów napędowych, a także do oceny za pomocą wskaźnika dynamiki jazdy autostradowej umiejętności kierowcy, a w przyszłości do opracowania widełek norm zużycia paliwa samochodów osobowych w przedsiębiorstwach, na podstawie których będzie można za pomocą premii stymulować ekonomiczną jazdę.

Tym niemniej widoczne są pewne możliwości korekt w opracowanym, na bazie algorytmu, programie numerycznych obliczeń przebiegowego zużycia paliwa samochodów osobowych. Ich wprowadzenie – ze względu na modułową budowę programu – nie powinno nastrożać szczególnych trudności. Na obecnym etapie badań pomocne byłyby następujące modyfikacje algorytmu i programu:

- możliwość wprowadzania do programu w przyszłości nowych, nietypowych charakterystyk ogólnych silników, dla których proces adaptacji charakterystyk dostępnych jest nieefektywny (duży rozrzut błędów obliczeń zużycia paliwa w cyklach homologacyjnych),
- takie dopracowanie algorytmu obliczeń, aby program przewidywał możliwość jazdy samochodem ze średnią prędkością dla szybkich cykli jezdnych, przekraczającą średnią

prędkość cyklu autostradowego, charakterystyczną dla jednej z 3. grup pojazdów o maksymalnej prędkości jazdy do 130, 130-150 i powyżej 150 km/h (rys.3),

- uzupełnienie programu o tok obliczeń niezbędnych dla tras nie będących zamkniętą pętlą oraz wprowadzenie sekwencji obliczeń uwzględniających temperaturę otoczenia i współczynnik stabilizacji cieplnej pojazdu [16].

5. WNIOSKI

Na podstawie przedstawionego materiału, dotyczącego obliczeń numerycznych przebiegowego zużycia paliwa dla samochodów osobowych z silnikami ZS DI na podstawie zużycia w 5 wybranych cyklach jezdnych, opierając się na adaptowanej charakterystyce ogólnej, można wyciągnąć następujące wnioski:

1. W samochodach osobowych z silnikami ZS równie efektywnie można obliczać przebiegowe zużycie paliwa dla warunków jazdy rzeczywistej metodą numeryczną, co i w samochodach z silnikami ZI; stosując adaptację dobranej charakterystyki ogólnej z banku danych opracowanego na bazie algorytmu autora programu „Eco-Drive 2003” można obliczyć przebiegowe zużycie paliwa w wybranych cyklach jezdnych dla parametrów i wskaźników zastępczych.
2. W samochodach osobowych z silnikami ZS bardzo ważne w dokładności obliczeń przebiegowego zużycia paliwa jest uwzględnienie temperatury otoczenia i ilości „zimnych” startów sprowadzonych do sumy współczynnika stabilizacji cieplnej pojazdu I_z oraz współczynników prędkościowego i dynamiki jazdy w cyklu autostradowym K_{AV} i K_{AD} .
3. Adaptacja do obliczeń wybranej charakterystyki ogólnej silnika ZS lub ZI polega na dobraniu skali prędkości obrotowej i maksymalnego momentu obrotowego oraz wartości współczynnika korekcji K_o , macierzy liczb wartości jednostkowego zużycia paliwa charakterystyki, a także na weryfikacji tych operacji na podstawie wyników dokładności obliczeń przebiegowego zużycia paliwa w cyklach jezdnych homologacyjnych.
4. Jak pokazuje każdy z obliczonych numeryczną metodą indywidualnych przykładów, na krótkich trasach do 200 km na przebiegowe zużycie paliwa samochodu osobowego znaczny wpływ może mieć zmiana energii potencjalnej pojazdu, a także jazda z prędkością znacznie przekraczającą prędkość średnią w cyklu autostradowym.
5. Jak potwierdzają wyniki pomiarów, dla każdego przejazdu samochodu osobowego w warunkach rzeczywistych o długości trasy powyżej 30 km można obliczyć z dostateczną dokładnością przebiegowe zużycie paliwa samochodu, uwzględniając parametry zastępcze pojazdu, zmianę energii potencjalnej, prędkość składowej wiatru na kierunku jazdy, warunki stabilizacji cieplnej pojazdu, a także średnią prędkość przejazdu, dynamikę napędu i przełożenia w układzie przeniesienia napędu.
6. Dzięki numerycznym obliczeniom przebiegowego zużycia paliwa samochodu osobowego można je przewidywać w zależności od rozwiązań konstrukcyjnych pojazdu, jakości i przepustowości dróg oraz od techniki jazdy, tym samym można szacować oszczędności lub straty paliwa wynikłe z zaniechania pewnych działań na każdym poziomie działalności transportowej człowieka, od projektowania i wykonania pojazdu i dróg poczynając, a na technice jazdy kończąc.

Literatura

1. Taryma S.: Analiza wpływu czynników eksploatacyjnych na opór toczenia opony. *Czasopismo Techniczne, WPK*, z. 7, *Pojazdy Samochodowe*, t. 2, Kraków 2004, s.621-628.
2. Soltic P.,Guzzella L.: Verbrauchervergleich verschiedener Verbrennungsmotorkonzepte fur Leichtfahrzeuge. *Motortechnische Zeitschrift*, nr 7-8, 2001, s. 590-596.
3. Bielaczyc P. i inni: An investigation of cold start and warm-up phases with a SI engine for meeting new European emissions regulations. *Archiwum Motoryzacji*, nr 1-2, 1999, s.67-84.
4. Chłopek Z. i inni: Ocena ekologicznych właściwości silników spalinowych w fazie nagrzewania się i rozruchu. Konferencja „Pojazd a Środowisko”, Radom 1999, s.125-134.
5. Dunz R. i inni: Der neue Vierzylinder Dieselmotor OM 640 fur die Mercedes-Benz A-Klasse. *Motortechnische Zeitschrift*, nr 12, 2004, s.956-966.
6. Ubysz A.: Energochłonność samochodu a zużycie paliwa w złożonych warunkach ruchu. Monografia. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2003.
7. Ubysz A.: Numeryczne metody obliczania przebiegowego zużycia paliwa samochodu osobowego w warunkach jazdy rzeczywistej za pomocą zużycia w wybranych cyklach jezdnych. Konferencja Międzynarodowa Konmot–Autoprogress 2004. Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, z. 6 – *Mechanika, Silniki Spalinowe t. II*, Kraków 2004, s.785-792.
8. Ubysz A.: Algorytm obliczania przebiegowego zużycia paliwa samochodu osobowego w warunkach jazdy rzeczywistej na podstawie zużycia w wybranych cyklach jezdnych. *Zeszyty Naukowe Pol. Śl., ser. Transport z. 48*, Gliwice 2003, s. 177-182.
9. Bielaczyc P., Pajdowski P., Szczotka A.: Analiza wpływu stylu jazdy kierowców na emisję związków szkodliwych spalin i zużycie paliwa. *Czasopismo Techniczne, WPK*, z. 6, *Silniki Spalinowe*, t. 1, Kraków 2004, s.87-94.
10. Sendyka B.,Noga M.,Kulikowski K.: Mathematical model for determination of fuel consumption on the basis of engine characteristics. *Czasopismo Techniczne, WPK*, z. 6, *Silniki Spalinowe*, t. 2, Kraków 2004, s.663-669.
11. Kishi Y., Katsuki S., Yoshikawa Y., Morita I.: A method for estimating traffic flow fuel consumption-Using traffic simulations. *JSAE Review:Volume:17,Issue:3*, July 1996, s.307-311.
12. Oguchi T., Taniguchi M. i in.: Analysis of fuel consumption structure based on vehicle operating paterus. *JSAE Review: Volume:16, Issue:3*, July 1995, s.310.
13. Ubysz A.: Przesłanki do symulacji zużycia paliwa przez samochody osobowe w warunkach jazdy rzeczywistej za pomocą wybranych cykli jezdnych. *Zeszyty Naukowe Pol. Śl., ser. Transport*, z. 44, Gliwice 2002, s. 111-118.
14. Ubysz A.: Ocena przebiegowego zużycia paliwa samochodów osobowych z silnikami ZS wyznaczanego metodą analityczną. *Zeszyty Naukowe Pol. Śl., ser. Transport z. 42*, Gliwice 2001, s.123 – 130.
15. Ubysz A.: Weryfikacja algorytmu do obliczeń przebiegowego zużycia paliwa samochodu osobowego za pomocą wybranych cykli jezdnych metodą numeryczną. *Zeszyty Naukowe Pol. Śl., ser. Transport z. 50*, Gliwice 2003, s.51 – 56.
16. Ubysz A.: Wpływ temperatury otoczenia na przebiegowe zużycie paliwa w samochodzie osobowym. *Zeszyty Naukowe Pol. Śl. Ser. Transport z. 57*, Gliwice 2005, s.413 – 422.

Recenzent: Dr hab. inż. Jerzy Jantos, Profesor Politechniki Opolskiej