

Aleksander UBYSZ

WERYFIKACJA ALGORYTMU DO OBLICZEŃ PRZEBIEGOWEGO ZUŻYCIA PALIWA SAMOCHODU OSOBOWEGO ZA POMOCĄ WYBRANYCH CYKLI JEZDNYCH METODĄ NUMERYCZNĄ

Streszczenie. W pracy na przykładzie dwu samochodów osobowych z silnikiem ZI i ZS metodami numerycznymi obliczono ich przebiegowe zużycie paliwa w złożonych warunkach ruchu, a wyniki zestawiono z danymi pomiarowymi. Wprowadzono dodatkowy współczynnik korekcyjny cyklu autostradowego.

THE APPLICATION OF NUMERICAL METHOD IN ORDER TO VERIFY THE ALGORITHM FOR CALCULATING FUEL CONSUMPTION OF A CAR TAKING INTO ACCOUNT THE SELECTED DRIVING CYCLES

Summary. Mileage fuel consumption in various traffic conditions for two types of cars has been discussed in the paper. Numerical methods have been used for calculating fuel consumption and a correcting coefficient for motorway driving cycle has been introduced as well.

WSTĘP

W artykule [1] przedstawiono skrócony algorytm do obliczeń przebiegowego zużycia paliwa samochodu osobowego jadącego po drogach utwardzonych w dowolnych warunkach na podstawie zużycia paliwa w 5. wybranych cyklach jezdnych. Algorytm ten pozwala na symulację zużycia paliwa pojazdu w zakresie prędkości od 2,7 km/h do 119,2 km/h. Jak podkreślono [1], aproksymacja autostradowym cyklem jezdnym w warunkach polskich nie ma większego uzasadnienia, gdyż drogi dwujezdniowe z kolizyjnymi skrzyżowaniami znacznie pogarszają warunki jazdy pojazdów z większą prędkością, co zdecydowanie wpływa na wzrost zużycia paliwa w tym cyklu jezdym, zależnie od techniki jazdy od 18 do 60% [2].

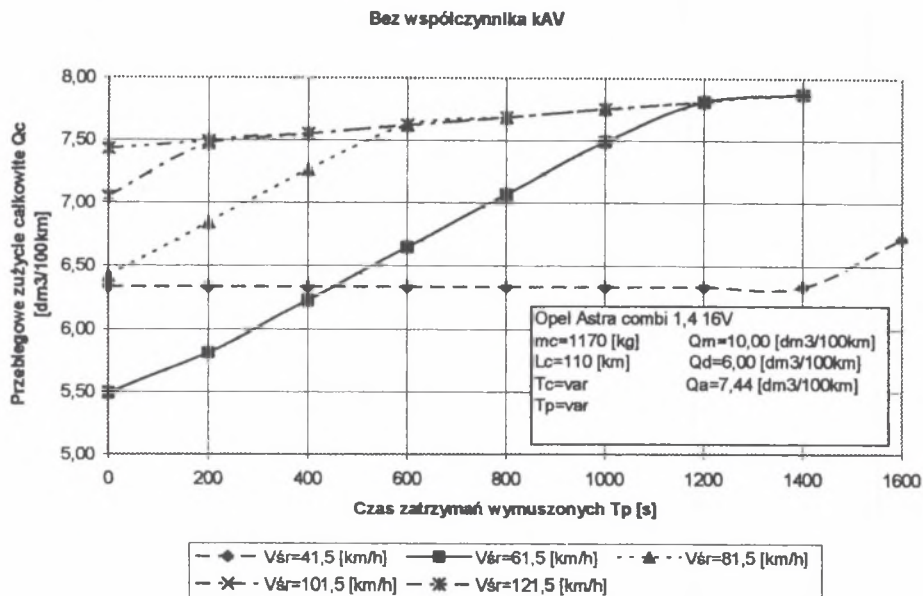
Dlatego w obu nowo opracowanych programach numerycznych obliczeń przebiegowego zużycia paliwa uwzględniono w autostradowym cyklu jezdym współczynnik dynamiki jazdy K_D , co znacznie poprawiło dokładność obliczeń przebiegowego zużycia paliwa samochodu osobowego. Oczywiście, ze względu na ograniczoną ilość pomiarów dla kilku samochodów osobowych, obliczenia trakcyjne nie mogą wyczerpywać wszelkich możliwych wariantów technik jazdy w różnych warunkach drogowych samochodami odmiennych klas. Dlatego też interesujące mogą być obliczenia numeryczne przebiegowego zużycia paliwa symulujące jazdę o znacznie zróżnicowanej technice jazdy, dostosowanej do skali trudności na drodze i zróżnicowanej dynamiki napędu. W ten sposób mogą się pojawić nowe warunki brzegowe, nie uwzględnione w dotychczasowych obliczeniach.

1. WARIACJE CZASEM POSTOJÓW WYMUSZONYCH I PRĘDKOŚCIĄ ŚREDNIA

W symulacji I, dla stałego odcinka przejechanej drogi 110 km prowadzono obliczenia numeryczne przebiegowego zużycia paliwa dla samochodu Opel Astra Caravan 1,4 16V o masie całkowitej 1170 kg. Zmienne w szerokim zakresie były średnia prędkość przejazdu (41,5-91,5 km/h) oraz wymuszone warunkami drogowymi czasy postojów, ściślej wg kodeksu drogowego czasy zatrzymań (0-1600 s).

Na rys. 1 widoczne jest, że dla prędkości średniej przejazdu 62,7 km/h wydłużanie czasu postoju nie ma wpływu na przebiegowe zużycie paliwa do tej prędkości. Jest to uwarunkowane budową algorytmu, w którym przy niskich prędkościach średnich udział drogi przejechanej w cyklu miejskim, wynikający z czasów zatrzymań pojazdu i z wagi arytmetycznej dla reszty przejechanej drogi, jest stały. Z dwufazowego modelu teoretycznego, symulującego zmienne warunki drogowe i technikę jazdy wynikało, że przy obu fazach napędowych ze wzrostem prędkości jazdy w zakresie 60 – 140 km/h przebiegowe zużycie paliwa rośnie proporcjonalnie do kwadratu prędkości jazdy, pod warunkiem, że obciążenie silnika nie przekracza linii pracy ekonomicznej [2]. Na rys. 1 widoczne jest, że poniżej tej prędkości jest odwrotnie, tzn. ze spadkiem prędkości poniżej 62 km/h zużycie paliwa rośnie.

Jest to uzasadnione tym, że poniżej tej prędkości rośnie udział jazdy pojazdu w cyklu miejskim, a w nim zużycie paliwa jest o 66% wyższe niż w cyklu drogowym. Z trzech cykli jezdnych wykorzystanych w tej symulacji, drogowy ma najniższe zużycie paliwa i jego udział warunkować będzie optymalne zużycie paliwa.

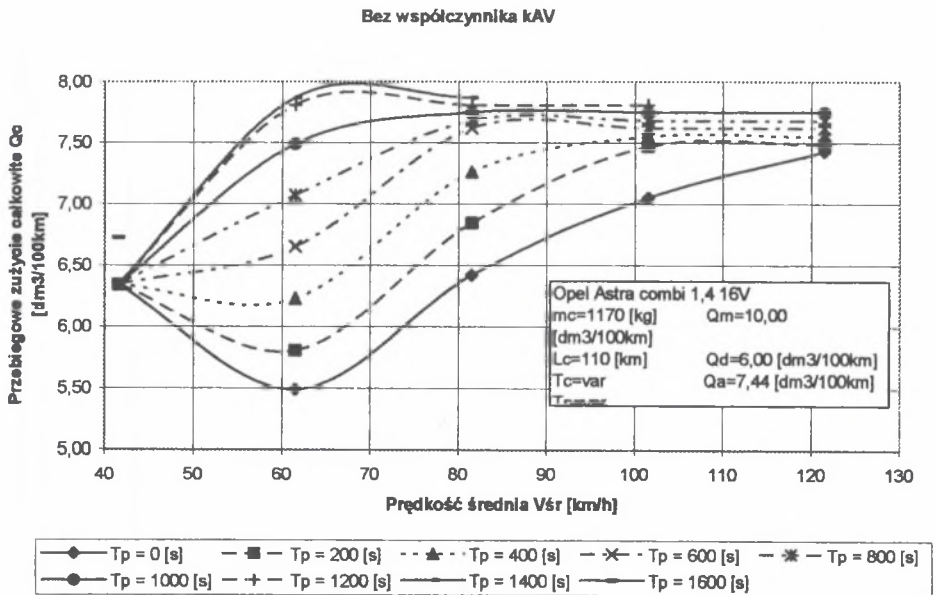


Rys. 1. Symulacja zużycia paliwa samochodu Opel Astra Caravan 1,4 16V w funkcji czasu wymuszonych postojów i średniej prędkości jazdy

Fig. 1. Simulation of fuel consumption for Opel Astra 1,4 16V in t_s and v_{av} function

Natomiast dla większych średnich prędkości jazdy i dłuższych czasów zatrzymań pojazdu pojawia się problem przekroczenia prędkości maksymalnej, jaką uwzględni

algorytm, tj. 119,2 km/h. Ogólnie wiadomo, że powyżej 100 km/h opory aerodynamiczne mają decydujący wpływ na przebiegowe zużycie paliwa proporcjonalny do kwadratu prędkości jazdy. Natomiast w obliczeniach numerycznych powyżej tej prędkości wzrost zużycia paliwa nie jest uwzględniony, co lepiej pokazane jest na rys.2, poczynając od charakterystyki z czasem postojów wymuszonych $T = 600$ s wzwyż. Ta nieścisłość w obliczeniach wynika z tego, że mogą być – jak w tych przypadkach – odcinki drogi przejeżdżanej przez kierowców z prędkością znacznie przekraczającą tę prędkość brzegową 119,2 km/h, charakterystyczną dla cyklu autostradowego. Znana są przypadki jazdy na dłuższych odcinkach z prędkością 180 km/h. Wtedy zużycie paliwa wzrasta znacznie, także w wyniku jazdy na „pełny gaz”, a więc w zakresie charakterystyki ogólnej ponad linią ekonomicznego zużycia paliwa.



Rys.2. Charakterystyki zużycia paliwa dla stałych czasów postojów w funkcji prędkości średniej dla samochodu Opel Astra Caravan 1,4 16V

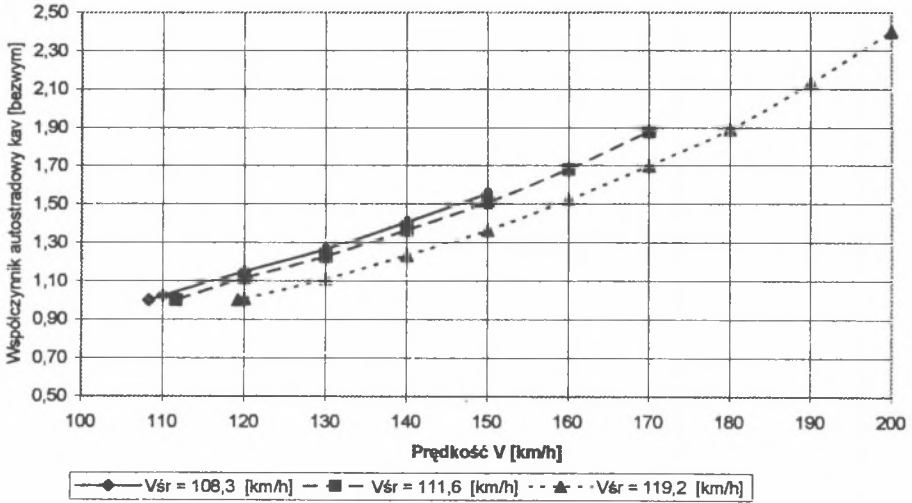
Fig.2. Fuel consumption characteristics for $t_s = \text{const}$ in v_{av} function for Opel Astra 1,4 16V

Aby takie przypadki móc uwzględnić w algorytmie, należy do obliczeń wprowadzić dla cyklu autostradowego dodatkowy współczynnik prędkościowy K_{AV} , opracowany na podstawie rys.4.26 poz. [2] i przedstawiony na rys.3. Tak więc w numerycznej metodzie obliczeń przebiegowe zużycie paliwa w cyklu autostradowym będzie liczone wg wzoru:

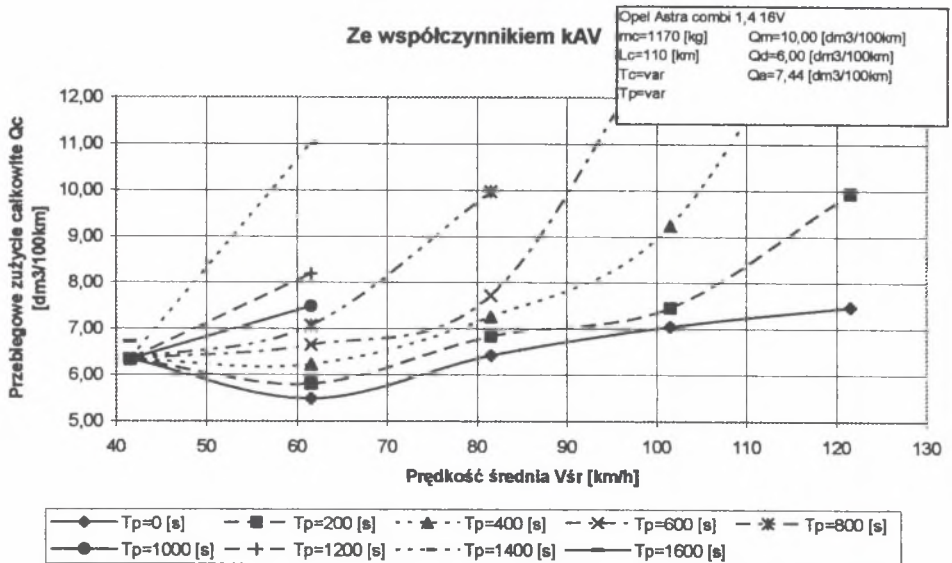
$$Q_a = K_{aD} K_{AV} Q_a \quad (1)$$

Na rys.2 widoczne jest, że wzrost czasu postojów wymuszonych przy stałej prędkości jazdy poza zwiększeniem przebiegowego zużycia paliwa punkt minimalnego zużycia paliwa przesuwają się w kierunku mniejszych prędkości średnich. Jest to wynik malejącego udziału drogi przejechanej techniką cyklu drogowego kosztem cyklu miejskiego i autostradowego.

Na rys.3 przedstawiono przebieg charakterystyki, wg której – na podstawie prędkości średniej przekraczającej 120 km/h – dobiera się współczynnik prędkościowy cyklu autostradowego K_v . Jego zastosowanie znacznie poprawia przebieg charakterystyk na rys.2, co pokazano na rys.4.



Rys.3. Przebieg charakterystyki współczynnika prędkości jazdy autostradowej K_{av}
 Fig.3. The course of characteristics of K_{ms} coefficient of motorway driving speed



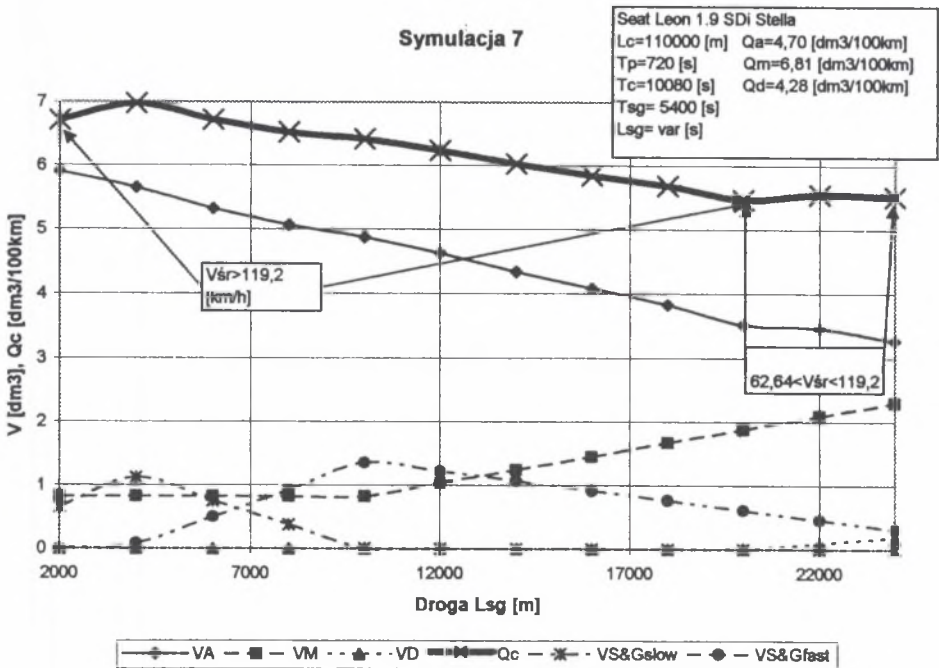
Rys.4. Charakterystyki Q dla stałych czasów postojów w funkcji średniej prędkości jazdy dla samochodu Opel Astra Caravan 1,4 16V po uwzględnieniu współczynnika K_{av}

Fig.4. Characteristics of fuel consumption for $t = const$ In the function of v_{av} for Opel Astra 1,4 16V having taken into account K_{ms}

Przedstawione w tym punkcie wyniki obliczeń przebiegowego zużycia paliwa przez samochód osobowy klasy popularnej stają się wiarygodne w zestawieniu z wynikami badań trakcyjnych prowadzonych na kilku samochodach różnych klas i marek, kierowanych przez różnych kierowców. Szczególnie ciekawe są pomiary zużycia paliwa i parametrów kinematycznych samochodu prowadzone za pomocą MotoGrafu. Ale jest to temat na tyle obszerny i ciekawy, że zasługuje na oddzielną publikację.

3. WYBIÓRCZE WARIACJE CYKLEM STOP & GO

Znacznie więcej kombinacji, przy stałym czasie wymuszonych postojów, dają wariacje cyklem S&G. Program obliczeń numerycznych jest tak zbudowany, że przy dowolnym czasie i drodze przejechanej w tym cyklu - w zależności od prędkości średniej - wyliczane są automatycznie udziały trzech cykli jezdnych: SGS, SGF i ewentualnie miejskiego. Ze względu na ograniczoną objętość sprawozdania przedstawiono tylko jeden przypadek symulacji zużycia paliwa w jeździe na 110 km trasie samochodem z silnikiem ZS, przy stałych czasach wymuszonych postojów i jazdy w potoku (S&G) a zmiennej drodze w cyklu S&G. Na rys.5 widoczny jest wpływ wydłużającej się drogi cyklu S&G przejeżdżanej w stałym czasie 5400 s, wyrażony ilością zużytego paliwa V_p w każdym z cykli oraz sumarycznym przebiegowym zużyciem paliwa Q_{Σ} .



Rys.5. Przebiegowe zużycie paliwa samochodu osobowego z silnikiem ZS w funkcji drogi przejechanej w cyklu S&G

Fig.5. Mileage fuel consumption of a car with CI engine In the function of a travelled distance in S&G cycle

Na rys. widoczny jest znaczny wpływ na Q_{sr} zużycia paliwa V_{pa} w cyklu jazdy autostradowej, przekraczającej w znacznym zakresie L_{SG} prędkość średnią 119 km/h. W miarę wydłużania się drogi S&G powyżej 4 km naprzemiennie zmieniają się udziały cykli SGS i SGF, a powyżej 9,5 km zanika SGS a w jego miejsce kosztem SGF narasta zużycie paliwa i droga w cyklu jazdy miejskiej. Udział cyklu autostradowego w całym zakresie maleje na korzyść drogi S&G, a następnie od $L_{SG} = 19,4$ km dodatkowo jego kosztem narasta udział cyklu drogowego.

Z symulacyjnych obliczeń zużycia paliwa samochodu osobowego z silnikiem ZI i ZS metodami numerycznymi wynika, że minimalne zużycie paliwa samochody osobowe osiągają przy braku postojów wymuszonych i jazdy potokowej jazdą spokojną ze średnią prędkością 60-70 km/h, co potwierdzają wyniki badań. Wprowadzenie do jazdy takich zakłóceń, jak częste zatrzymania pojazdu, znacznie obniżają prędkość średnią jazdy i podnoszą zużycie paliwa w stopniu znacznym, gdy zależy nam na odrobieniu straconego czasu (rys.4).

Wpływ jazdy w cyklu S&G nie jest znaczący pomimo znacznego w nim zużycia paliwa ($15,0/31,5$ dm³/100km) pod warunkiem, że droga w nim przejechana nie ma większego udziału i nie nastąpi odrabianie straconego czasu za pomocą jazdy z nadmierną prędkością.

4. WNIOSKI

Na podstawie zaprezentowanych wyników można wyciągnąć następujące wnioski:

1. Nowo opracowany program obliczeń numerycznych przebiegowego zużycia paliwa samochodu osobowego na podstawie pięciu cykli jezdnych ma pewne ograniczenia takimi warunkami brzegowymi, jak maksymalna prędkość jazdy powyżej 120 km/h, temperatura otoczenia, manewrowanie pojazdem, dynamika jazdy, ale są to problemy do rozwiązania, np. za pomocą odpowiednich współczynników (współczynnik prędkości autostradowej K_{av} i wcześniej zaproponowany współczynnik dynamiki jazdy K_{ad}).
2. Wyniki obliczeń numerycznych przebiegowego zużycia paliwa w symulowanych zróżnicowanych warunkach jazdy samochodów osobowych są pod względem ogólnych trendów zbieżne z wynikami badań teoretycznych i pomiarów metodą pełnego zbiornika oraz MotoGrafu.

Literatura

1. Siłka W.: Energochłonność ruchu samochodu. WKŁ, Warszawa 1997.
2. Ubysz A.: Energochłonność samochodu a zużycie paliwa w złożonych warunkach ruchu. Monografia. Wydawnictwo Pol. Śl., Gliwice 2003.

Recenzent: Prof. dr hab.inż. Stanisław Jarnuszkiewicz

Abstract

Mileage fuel consumption in various traffic conditions for two types of cars has been discussed in the paper. Numerical methods have been used for calculating fuel consumption and a correcting coefficient for motorway driving cycle has been introduced as well.