

Jacek KROPIWNICKI

## KLASYFIKACJA WARUNKÓW EKSPLOATACJI POJAZDÓW Z WYKORZYSTANIEM UDZIAŁU CZASU PRACY SILNIKA NA BIEGU JAŁOWYM

### Streszczenie

*W pracy przedstawiono przykłady identyfikacji warunków eksploatacji pojazdu samochodowego zarejestrowane na terenie Gdańska, w regularnym ruchu miejskim. Uzyskane wyniki pozwoliły sformułować zasady klasyfikacji warunków eksploatacji pojazdu przy wykorzystaniu takich parametrów jak: średnia energochłonność jednostkowa przejazdu, udział fazy napędowej, udział czasu pracy silnika na biegu jałowym. Jednocześnie stwierdzono, że do identyfikacji warunków eksploatacji w mieście można wymiennie stosować średnią prędkość jazdy lub odwrotność udziału czasu pracy silnika na biegu jałowym, gdyż zależność między nimi ma charakter proporcjonalny.*

### WSTĘP

Duża intensywność rozwoju aglomeracji miejskich oraz wzrost transportu towarów i osób [10, 13] powoduje intensyfikację prac mających na celu rozpoznanie warunków eksploatacji pojazdów na tych obszarach [1, 2, 4, 6, 7, 8, 9, 11, 12] oraz ograniczenie poziomu emisji związków toksycznych do atmosfery pochodzących z transportu drogowego [1, 3, 8, 9]. Rozwijanych jest równolegle wiele metod opisu warunków eksploatacji pojazdów. Używane są metody identyfikujące warunki eksploatacji pojazdów za pomocą wskaźników, takich jak: energochłonność przebiegowa, energochłonność jednostkowa, średnie przyspieszenie w fazach przyspieszania, średnia prędkość, rozkład punktów pracy silnika, etc. [3, 5, 11, 12].

W niniejszej pracy do wstępnej identyfikacji warunków eksploatacji pojazdów wykorzystano energochłonność jednostkową, która stanowi stosunek energii dostarczonej przez układ napędowy do kół do masy pojazdu oraz drogi przejechanej w fazie napędowej [4, 5]. Użyta metoda jest rozwinięciem metody opisanej m.in. w pracy [11]. Jej użycie podyktowane zostało możliwością wyjątkowo dokładnego skorelowania parametru opisującego warunki eksploatacji pojazdu z przebiegowym zużyciem paliwa oraz emisją CO<sub>2</sub>. Wartość energochłonności jednostkowej dla założonego czasu trwania cyklu  $t_c$ , można obliczyć korzystając z następującego równania:

$$\Phi = \frac{E}{L_n \cdot m} \quad (1)$$

gdzie:

$E$  – energia mechaniczna dostarczona przez układ przeniesienia napędu do kół w czasie cyklu pomiarowego  $t_c$ ,

$L_n$  – droga przebyta przez pojazd w fazie napędzania przez silnik,  
 $m$  – masa całkowita pojazdu.

Miejsce eksploatacji (intensywność ruchu) oraz sposób prowadzenia pojazdu mogą być natomiast jednoznacznie opisane za pomocą funkcji gęstości rozkładu parametru  $\Phi$ :

$$f_{\Phi} = f(\Phi) \quad (2)$$

Funkcja ta może zostać wyznaczona na drodze okresowej rejestracji podstawowych parametrów opisujących warunki eksploatacji pojazdu, m.in.: prędkości obrotowej wału korbowego silnika i momentu obrotowego (z modelu układu napędowego pojazdu – w przypadku braku systemu pomiaru tego parametru), przejechanej drogi. Dla przyjętych granic zmian parametru  $\Phi$  spełniony musi być ponadto warunek:

$$\int_{\Phi_{\min}}^{\Phi_{\max}} f_{\Phi} d\Phi = 1 \quad (3)$$

Funkcja (2) może być używana zarówno w postaci ciągłej jak również dyskretnej (histogramu). Parametryczna identyfikacja warunków eksploatacji możliwa jest w każdym z tych wypadków poprzez obliczenie wartości średniej rozkładu ( $\bar{\Phi}$ ) oraz jego odchylenia standardowego ( $\sigma$ ). Ponadto, przy klasyfikacji warunków eksploatacji pojazdów w pracy wykorzystano następujące parametry:

$L_n/L$  – udział drogi przejechanej w fazie napędzania przez silnik w stosunku do całkowitej drogi,

$t_{bj}/t_c$  – udział czasu pracy silnika na biegu jałowym, w stosunku do całkowitego czasu testu.

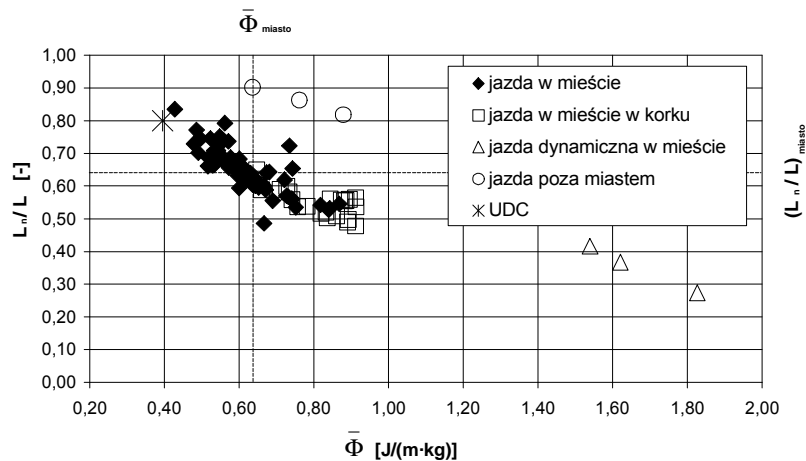
## 1. PRZYKŁADY IDENTYFIKACJI WARUNKÓW EKSPLOATACJI POJAZDU SAMOCHODOWEGO

Na terenie Gdańska, w regularnym ruchu miejskim, wykonane zostały pomiary wybranych parametrów pracy silnika i pojazdu testowego wyposażonego w silnik o pojemności skokowej 1,8 dm<sup>3</sup> (prędkość, zużycie paliwa, położenie nad poziomem morza, itd.) z użyciem odpowiednich czujników. Moment obrotowy silnika obliczano przy wykorzystaniu zmierzonych parametrów pracy silnika i pojazdu oraz modelu układu napędowego pojazdu. Styl jazdy kierowcy podporządkowany był stylowi prowadzenia losowo wybranego pojazdu [6]. Wybrany pojazd był „śledzony” przez pojazd testowy w celu ograniczenia wpływu indywidualnego stylu jazdy kierowcy testowego na wyniki próby. Sposób odwzorowania profilu prędkości pojazdu „śledzonego” pozostaje jednak cechą indywidualną kierowcy oraz samochodu i może w pewnych warunkach prowadzić do systematycznych błędów, np. przez zaniżanie maksymalnych przyspieszeń. Dla celów dalszej analizy warunki eksploatacji zostały wstępnie podzielone na:

- jazdę w mieście (główną arterią komunikacyjną miasta), trasą o dużym natężeniu ruchu,
- jazdę spokojną w mieście, trasą o częstych zatrzymaniach wymuszonych sygnalizacją świetlną przy spokojnym stylu jazdy kierowcy; styl jazdy kierowcy klasyfikowano jako spokojny, jeżeli średni moment obrotowy silnika w fazie napędowej był mniejszy niż wyznaczony dla przeciętnych warunków jazdy główną arterią komunikacyjną miasta,
- jazdę dynamiczną w mieście, trasą o częstych zatrzymaniach wymuszonych sygnalizacją świetlną przy dynamicznym stylu jazdy kierowcy; styl jazdy kierowcy klasyfikowano jako dynamiczny, jeżeli średni moment obrotowy silnika w fazie napędowej był większy niż wyznaczony dla przeciętnych warunków jazdy główną arterią komunikacyjną miasta o co najmniej 50%,

- jazdę w mieście w korku, trasą o częstych zatrzymaniach wymuszonych utrudnieniami w ruchu; przejazd klasyfikowano w ten sposób, jeżeli średnia prędkość jazdy była mniejsza niż 20 km/h,
- jazdę poza miastem, trasą położoną poza granicami miasta o nielicznych zatrzymaniach; przejazd klasyfikowano w ten sposób, jeżeli średnia prędkość jazdy była większa niż 50 km/h,
- jazdę podczas realizacji testu UDC (Urban Driving Cycle), który jest używany na terenie Unii Europejskiej jako test homologacyjny – wyniki przejazdu pochodzą z symulacji komputerowej.

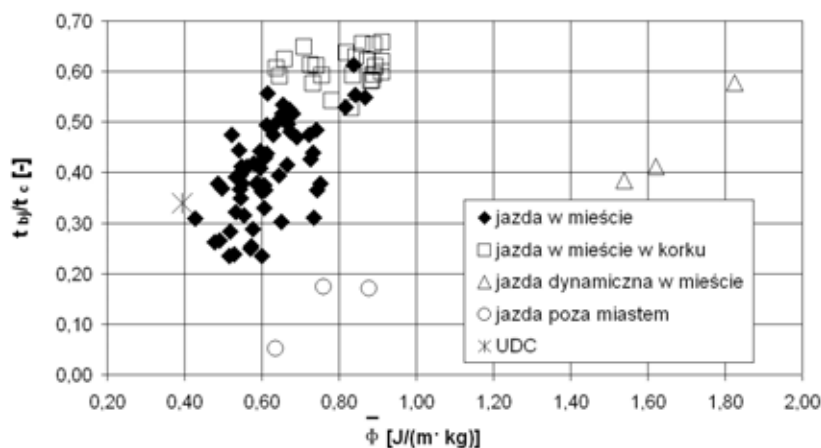
Na rysunku 1 przedstawiono związek udziału fazy napędowej  $L_n/L$  dla przejechanej trasy ze średnią energochłonnością jednostkową  $\bar{\Phi}$ , z zaznaczoną dla warunków „jazda w mieście” i „jazda w mieście w korku” wartością średnią energochłonności jednostkowej  $\bar{\Phi}_{miasto}$  oraz wartością średnią udziału fazy napędowej  $(L_n/L)_{miasto}$ .



**Rys. 1.** Związek udziału fazy napędowej  $L_n/L$  ze średnią energochłonnością jednostkową  $\bar{\Phi}$   
 Źródło: Opracowanie własne.

Wyniki przedstawione na rysunku 1 pozwalają stwierdzić, że wzrostowi wartości średniej energochłonności jednostkowej  $\bar{\Phi}$  towarzyszy spadek udziału fazy napędowej  $L_n/L$ . Jednocześnie zaobserwowano, że warunki eksploatacji, które sklasyfikowano jako „jazda poza miastem” odznaczają się wysokim udziałem fazy napędowej  $L_n/L$ .

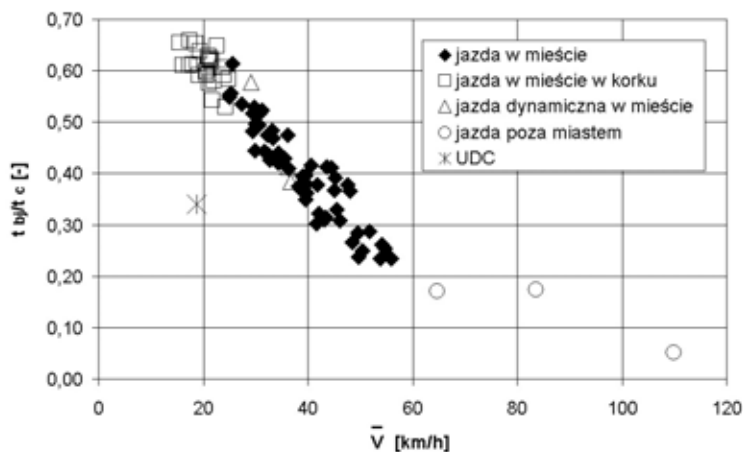
Na rysunku 2 przedstawiono związek udziału czasu pracy silnika na biegu jałowym  $t_{bj}/t_c$  ze średnią energochłonnością jednostkową  $\bar{\Phi}$ .



**Rys. 2.** Związek udziału czasu pracy silnika na biegu jałowym  $t_{bj}/t_c$  ze średnią energochłonnością jednostkową  $\bar{\Phi}$   
 Źródło: Opracowanie własne.

Przedstawione na rysunku 2 wyniki pozwalają stwierdzić, że jazda w mieście z utrudnieniami w ruchu, np. jazda w mieście w korku, powoduje wyraźny wzrost udziału czasu pracy silnika na biegu jałowym. Analogiczna sytuacja ma miejsce przy dynamicznym stylu jazdy w mieście.

Na rysunku 3 przedstawiono związek udziału czasu pracy silnika na biegu jałowym  $t_{bj}/t_c$  ze średnią prędkością jazdy  $\bar{V}$ .



**Rys. 3.** Związek udziału czasu pracy silnika na biegu jałowym  $t_{bj}/t_c$  ze średnią prędkością jazdy  $\bar{V}$   
Źródło: Opracowanie własne.

Wyniki przedstawione na rysunku 3 pozwalają stwierdzić, że istnieje ścisła korelacja między udziałem czasu pracy silnika na biegu jałowym a średnią prędkością jazdy w rzeczywistych warunkach jazdy miejskiej (z pominięciem testu UDC oraz jazdy pozamiejskiej). Uzyskane wyniki pozwalają sformułować wniosek, że do identyfikacji warunków eksploatacji w mieście można wymiennie stosować średnią prędkość jazdy lub odwrotność udziału czasu pracy silnika na biegu jałowym, gdyż zależność między nimi ma charakter proporcjonalny.

## 2. KLASYFIKACJA WARUNKÓW EKSPLOATACJI POJAZDU

Uzyskane wyniki pozwoliły sformułować zasady klasyfikacji warunków eksploatacji pojazdu przy użyciu następujących parametrów: średnia energochłonność jednostkowa przejazdu  $\bar{\Phi}$ , udział fazy napędowej  $L_n/L$ , udział czasu pracy silnika na biegu jałowym  $t_{bj}/t_c$  (w przypadku pojazdów wyposażonych w system Start – Stop będzie to udział czasu pracy silnika w trybie czuwania). Proponuje się wyróżnić następujące typy warunków eksploatacji:

a) jazda poza miastem:

$$\frac{L_n}{L} \geq 0,8 \quad (4)$$

$$\frac{t_{bj}}{t_c} \leq 0,2 \quad (5)$$

b) jazda w mieście:

$$\frac{L_n}{L} < 0,8 \quad (6)$$

$$\frac{t_{bj}}{t_c} > 0,2 \quad (7)$$

W tym typie warunków można wyróżnić następujące podtypy:

– jazda w mieście w korku:

$$\frac{t_{bj}}{t_c} > 0,5 \quad (8)$$

– jazda dynamiczna w mieście:

$$\bar{\Phi} > 1,0 \quad (9)$$

## PODSUMOWANIE

Zaproponowana metoda umożliwia klasyfikację oraz ilościową ocenę warunków eksploatacji. Wzrost  $L_n/L$  oznacza poprawę płynności ruchu pojazdów charakteryzującą jazdę pozamiejską. Wzrost  $\bar{\Phi}$  odpowiada trudniejszym warunkom eksploatacji lub bardziej dynamicznej jeździe w mieście. Pojazd jest intensywnie rozpędzany, przez stosunkowo krótki odcinek drogi porusza się ze stałą prędkością, a następnie jest hamowany. Wzrost  $t_{bj}/t_c$  oznacza natomiast większe utrudnienia w ruchu, a w konsekwencji dłuższy czas spędzany na postoju.

## BIBLIOGRAFIA

1. Chłopek Z.: *Propozycja charakterystyk emisji zanieczyszczeń z silników spalinowych pracujących w warunkach dynamicznych*, Archiwum Motoryzacji, 2009, nr 2, s. 111-134.
2. Ding Y., Rakha H.: *Trip-based explanatory variables for estimating vehicle fuel consumption and emission rates*, Water, Air, and Soil Pollution, Focus 2, 2002, s. 61-77.
3. Gao Y., Checkel M.D.: *Experimental measurement of on-road CO<sub>2</sub> emission and fuel consumption functions*, SAE Technical Paper Series, 2007-01-1610.
4. Kropiwnicki J.: *Identification of real vehicle operating conditions*, FISITA 2010 World Automotive Congress, Budapest, 2010, F2010-G-004.
5. Kropiwnicki J.: *Koncepcja nowego testu energetycznego dla pojazdów samochodowych*, Archiwum Motoryzacji, 2007, nr 2, s. 169-183.
6. Kulkarni A.V., Sapre R.R., Sonchal Ch.P.: *GPS – based methodology for drive cycle determination*, SAE Technical Paper Series, 2005-01-1060.
7. López J.M., Jiménez F., Aparicio F., Flores N., Páez J., Tapia S.: *Quantification of the environmental impact in the city of Madrid depending on technical measures applied to bus fleet*, FISITA 2010 World Automotive Congress, Budapest, 2010, F2010-A-120.
8. Merkisz J., Pielecha J., Gis W.: *Investigations on vehicle exhaust emissions under real road conditions*, Combustion Engines, 2009-SC1, Powertrain, Design, Ecology & Diagnostics, 2009, s. 43-53.
9. Merkisz J.: *Ekologiczne problemy silników spalinowych*, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań, 1998.
10. Savelsberg E.: *Innovation in European freight transportation*, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2008.
11. Siłka W.: *Energochłonność ruchu samochodu*, WNT, Warszawa 1997.
12. Ubysz A.: *Energochłonność samochodu a zużycie paliwa w złożonych warunkach ruchu*, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice, 2003.
13. Wang Yunlong, Li Xiansheng, Cai Fengtian, Guan Yuzhe, Li Shiwu: *Fuel consumption model for passenger vehicle in China*, FISITA, 2008 World Automotive Congress, F2008-10-029.

# CLASSIFICATION OF THE VEHICLE OPERATING CONDITIONS WITH THE USE OF THE TIME SHARE OF THE ENGINE IDLING

## *Abstract*

*The paper presents examples of identification of the operating conditions of vehicle registered in Gdansk, in regular city traffic. Obtained results allowed to formulate rules for the classification of the vehicle operating conditions, using parameters such as average specific energy consumption of the journey, the share of the drive phase, the time share of the engine idling. At the same time, it was found that the identification of the operating conditions can be worked out with use of an average driving speed or the inverse of the time share of the engine idling, as the relationship between them is proportionate.*

**Autor:** dr inż. **Jacek Kropiwnicki** – Politechnika Gdańska