

WAYS TO CORRECTIONS EXPENSIVE ECONOMICS WORK OF ENGINE OF HEAVY LOADED TRUCK

Jaromir Mysłowski

Politechnika Szczecińska
Katedra Eksploatacji Pojazdów Samochodowych
Al. Piastów 19, 70-310 Szczecin
tel.: +48 091 4404811, fax: 48 091 4494820
e-mail: mmrozik@ps.pl

Abstract

On example of Volvo car engine we shows that without break we try to search method of decrease fuel consumptions. With the aid simulation research we show constant progress in this domain. Producers don't want to shows results new research and possible failures. Ultimate verification is genuine exploitation of vehicle in conditions of big traffic, method of simulation research of fuel consumptions by these engines give us way to fast effecting of estimate of effect of exploitation.

Assumption at working out of the method was possibility of the determination of the specific fuel consumption with accuracy $\pm 5\%$, so as it is required from producers of engines in relation to of rated power. Used method makes possible the realization of the performance of the specific fuel consumption with accuracy of 2,12%, whereat this result refers to modern diesel engines with turbocharging and with the cooling of the air supercharging of such firms as Volvo, Scania, MAN, IVECO, Mercedes and DAF. In calculations the Leidemann equation has been was applied.

The paper is illustrated calculations of the specific fuel consumption reference for Volvo D6B 180/220/250 and Volvo D 12D engines.

Keywords: combustion engines, work economy, fuel consumptions

DROGI POPRAWY EKONOMICZNOŚCI PRACY SILNIKÓW SAMOCHODÓW CIĘŻAROWYCH DUŻEJ ŁADOWNOŚCI

Streszczenie

Na przykładzie silników samochodów firmy Volvo wykazano jak bez przerwy trwają poszukiwania nad zmniejszeniem zużycia paliwa tych silników. Za pomocą badań symulacyjnych wykazano stały postęp w tej dziedzinie, mimo że producenci niechętnie przedstawiają wyniki najnowszych badań oraz ewentualnie niepowodzenia, które towarzyszą wspomnianym poszukiwaniom. Ostateczną weryfikacją uzyskanych rezultatów jest eksploatacja pojazdów napędzanych nową generacją silników w warunkach wzmożonego ruchu drogowego, a metody symulacyjne określania zużycia paliwa przez wspomniane silniki pozwalają na szybkie i skuteczne dokonanie oceny efektów eksploatacyjnych.

Założeniem przy opracowywaniu metody była możliwość wyznaczenia jednostkowego zużycia paliwa z dokładnością $\pm 5\%$, tak jak to wymagane jest od producentów silników w stosunku do mocy znamionowej. Zastosowana metoda umożliwia wykonanie charakterystyki jednostkowego zużycia paliwa z dokładnością 2,12%, przy czym wynik ten odnosi się do nowoczesnych silników wysokoprężnych z turbodoładowaniem i chłodzeniem powietrza doładowującego takich firm, jak Volvo, Scania, MAN, IVECO, Mercedes i DAF. W obliczeniach wzór Leidemanna został wykorzystany. Artykuł jest ilustrowany obliczeniami jednostkowego zużycia paliwa odniesieniu do silników Volvo D6B 180/220/250 oraz Volvo D 12D.

Słowa kluczowe: silnik spalinowy, ekonomia pracy, zużycie paliwa

1. Wprowadzenie

Stały wzrost liczby pojazdów mechanicznych poruszających się po drogach publicznych

stwarza określone zagrożenia dla otaczającego nas środowiska. Na ogół w większości rozważań przyjmuje się, że najbardziej niekorzystnym zespołem pojazdu ze względu na szkodliwe oddziaływanie na środowisko jest silnik.

Burzliwy rozwój motoryzacji spowodował konieczność ograniczenia jej szkodliwego działania na otoczenie. Związane jest to z coraz ostrzejszymi wymaganiami odnośnie do ochrony środowiska naturalnego. Zaistniała konieczność zastosowania rozwiązań, które dotychczas nie były brane pod uwagę lub były ignorowane i uzyskano zadziwiająco dobre rezultaty przez ich zastosowanie. Trwające trudności paliwowo-energetyczne powodują stałe poszukiwania nowych nośników energii oraz próby ograniczenia jej zużycia, co będzie skutkowało zmniejszeniem szkodliwego oddziaływania na otoczenie.

Wymagania stawiane współczesnym silnikom są często przeciwstawne, co widać wyraźnie, jeśli weźmie się pod uwagę stale rosnącą liczbę samochodów i utrudnienia w ruchu z tym związane, a z drugiej zaś strony konieczność ograniczania ilości zużywanego paliwa i wydalanych ciał do otoczenia spalin. W odniesieniu do silników zarówno napędzających samochody osobowe jak i ciężarowe sprowadza się to do uwzględnienia trzech najbardziej istotnych czynników:

- małego zużycia paliwa (ekonomiczność pracy),
- niskiej toksyczności spalin,
- dużej elastyczności (dobrych właściwości dynamicznych).

Problem ten najwcześniej został zauważony w odniesieniu do silników samochodów ciężarowych dużej ładowności gdzie ekonomiczność przewozów ma podstawowe znaczenie.

Do rozwiązania problemu poprawy ekonomiczności oraz zmniejszenia toksyczności w przypadku tych silników również konieczne było nowe podejście odbiegające od tradycyjnych rozwiązań. O ile chodzi o silniki samochodów ciężarowych były one podatniejsze na spełnienie zaostrożonych wymogów już od lat i w ich konstrukcji dokonał się znaczący postęp wymuszony przez restrykcyjne przepisy z jednej strony oraz konieczność obniżenia kosztów związanych ze zużyciem paliwa z drugiej. Prosto rzecz ujmując im mniejsze będzie zużycie paliwa przez silnik tym globalna ilość toksycznych składników wydalanych przez silnik do atmosfery będzie mniejsza. W ten sposób kluczowym problemem pozwalającym na spełnienie dwóch pierwszych postulatów jest obniżenie zużycia paliwa przez silnik.

Zgodnie z tymi postulatami firma Volvo w kolejnych wersjach silników wprowadzanych na rynek stara się o obniżenie zużycia paliwa. Wskaźnikiem jednoznacznie pozwalającym na ocenę ekonomiczności pracy silnika jest jednostkowe zużycie paliwa.

Jednostkowe zużycie paliwa wyrażane w g/kWh, (g/KMh) wskazuje ile energii chemicznej zawartej w paliwie trzeba zużytkować dla wyprodukowania przez silnik jednej kilowatogodziny. Jest to o tyle korzystny wskaźnik, że nie zależy od objętości skokowej silnika (jego wielkości) oraz rodzaju stosowanego paliwa i dzięki niemu można porównywać różne rodzaje silników, przeznaczone do różnych celów, zasilane zarówno benzyną jak i olejem napędowym, czy też paliwami pochodzenia roślinnego.

2. Badania symulacyjne zużycia paliwa

Dane dotyczące zużycia paliwa podawane przez producentów są często fragmentaryczne i niepełne. Dla potrzeb porównań różnych danych opracowano metodę symulacyjną określania zużycia paliwa przez silniki wysokoprężne służące do napędu samochodów ciężarowych o dużej ładowności [1]. Założeniem przy opracowywaniu metody była możliwość wyznaczenia jednostkowego zużycia paliwa z dokładnością $\pm 5\%$, tak jak to wymagane jest od producentów silników w stosunku do mocy znamionowej. Metoda ta umożliwia wykonanie charakterystyki jednostkowego zużycia paliwa z dokładnością 2,12 %, przy czym wynik ten odnosi się do nowoczesnych silników wysokoprężnych z turbodoładowaniem i chłodzeniem powietrza doładowującego takich firm jak Volvo, Scania, MAN, IVECO, Mercedes i DAF.

Wykorzystano do tego celu wzór Leidemanna:

$$g_x = g_e \left(1,2 - \frac{n_x}{n_N} + 0,8 \frac{n_x^2}{n_N^2} \right), \quad (1)$$

ze zmodernizowanymi współczynnikami β i δ , do $\beta = 0,75$ i $\delta = 1,25$ wynikającymi z badań autora [1]:

$$g_x = g_e \left(\delta - \frac{n_x}{n_N} + \beta \frac{n_x^2}{n_N^2} \right), \quad (2)$$

gdzie:

- g_x - obliczana wartość jednostkowego zużycia paliwa,
- g_{eN} - wartość jednostkowego zużycia paliwa odpowiadająca mocy znamionowej.
- n_x - prędkość obrotowa, dla której obliczana jest wartość jednostkowego zużycia paliwa,
- n_N - znamionowa prędkość obrotowa silnika.

Wykorzystując przedstawiony wzór i zmodernizowane współczynniki dla silników samochodów Volvo D6B o mocach 137; 167 i 190 kW (180;220 i 250 KM) uzyskano wartości jednostkowego zużycia paliwa przedstawione w tabeli 1.

Tab. 1. Obliczenie jednostkowego zużycia paliwa silników Volvo D6B 180/220/250
 Tab. 1. Account of individual fuel consumption of Volvo engine D6B 180/220/250

n_x	n_N	g_e	n_x / n_N	$(n_x / n_N)^2$	g_x
1000	2400	215	0,42	0,18	207,48
1100	2400		0,46	0,21	203,71
1200	2400		0,50	0,25	201,56
1300	2400		0,54	0,29	199,41
1400	2400		0,58	0,34	198,88
1500	2400		0,63	0,40	197,80
1600	2400		0,67	0,45	197,26
1700	2400		0,71	0,50	196,73
1800	2400		0,75	0,56	197,80
1900	2400		0,79	0,62	198,88
2000	2400		0,83	0,69	201,56
2100	2400		0,88	0,77	203,71
2200	2400		0,92	0,85	208,01
2300	2400		0,96	0,92	210,70
2400	2400		1	1	215

Uzyskano wartość minimalną jednostkowego zużycia paliwa 196,73 g/kWh przy prędkości obrotowej 1700 min⁻¹, co daje różnicę -1,14 % w stosunku do 199 g/kWh podawanych przez producenta.

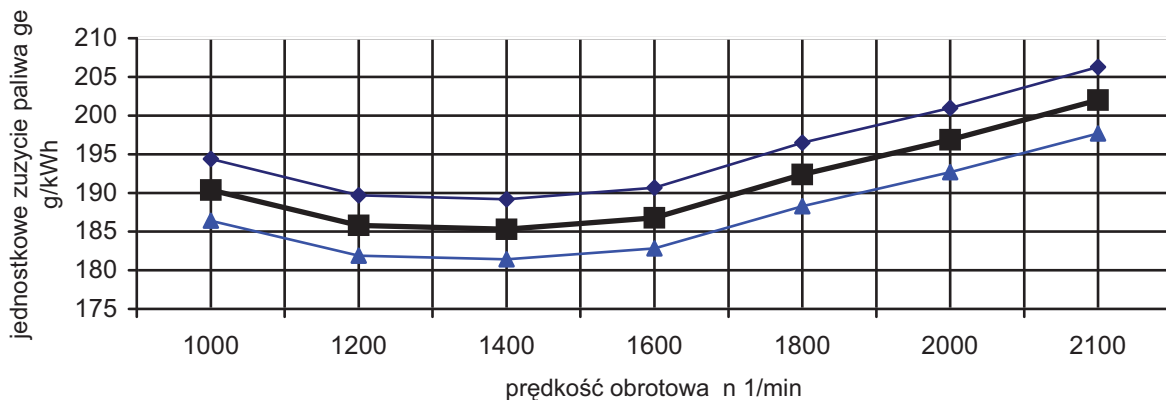
Kolejnym krokiem firmy Volvo w kierunku zmniejszenia zużycia paliwa było wprowadzenie silników serii D13A o mocach od 294 kW do 382 kW (400 do 520 KM) również przeznaczonych do napędu samochodów ciężarowych o dużej ładowności. Jest to silnik o stałej wartości momentu

obrotowego w zakresie prędkości obrotowej od 1000 ÷ 1400 min⁻¹ oraz stałej mocy w zakresie prędkości obrotowej od 1400-1800 min⁻¹, przy czym producent gwarantuje ekonomiczną pracę silników w zakresie 1050-1600 min⁻¹. Dla tej rodziny silników minimalne jednostkowe zużycie paliwa wynosi 186 g/kWh, co jest wynikiem bardzo dobrym w porównaniu z silnikami D6B. Wyliczona wartość minimalna jednostkowego zużycia paliwa metodą opisaną wyżej wynosi 183 g/kWh, a więc różnica nie przekracza 1 %. Jednocześnie jednostkowe zużycie paliwa przy mocy znamionowej wynosi 200 g/kWh i jest to zgodne z wyliczeniami przy pomocy wzoru Leidemanna, gdyż różnica między wartościami minimalnego jednostkowego zużycia paliwa, a zużycia przy mocy znamionowej powinna wynosić w granicach 7 do 8,5 %.

Tab.2. Obliczenie jednostkowego zużycia paliwa silników Volvo D 12D
 Tab.2. Account of individual fuel consumption of Volvo engine D12 D

n_x	n_N	g_e	n_x / n_N	$(n_x / n_N)^2$	g_x
1000	2100	202	0,48	0,23	190,4
1200	2100	202	0,57	0,32	185,8
1400	2100	202	0,67	0,45	185,3
1600	2100	202	0,76	0,58	186,8
1800	2100	202	0,86	0,74	192,4
2000	2100	202	0,95	0,90	196,9
2100	2100	202	1	1	202,0

Na rys.1. przedstawiono przebieg jednostkowego zużycia paliwa silnika Volvo D 12D uzyskany metodą symulacyjną z zaznaczeniem pola tolerancji wyników.



Rys. 1. Jednostkowe zużycie paliwa silnika D 12D
 Fig. 1. Individual fuel consumption of engine D12 D

Podobnie małą wartość jednostkowego zużycia paliwa deklaruje Volvo w silniku D12D 500 o mocy 368 kW (500 KM). Jest to silnik z systemem turbowspomagania „Turbo Compound” polegającym na umieszczeniu za turbosprężarką dodatkowej turbiny mocy, która przekazuje ją za pomocą kół zębatach na koło zamachowe silnika [2]. Zastosowano tu turbinę o przepływie osiowym, przeznaczoną do dużych wartości przepływu czynnika (korzystna raczej dla silników turboodrzutowych stosowanych w lotnictwie). Natomiast konkurencyjna Scania stosuje w tym rozwiązaniu dwie turbiny promieniowe, które w krańcowym przypadku pozwalają uzyskać do 37 kW mocy. Turbina promieniowa jest korzystniejsza ze względu na dynamikę silnika gdyż szybciej niż osiowa reaguje na zmiany jego prędkości obrotowej. Obydwa te rozwiązania są korzystne dla

samochodów rejsowych pokonujących duże odcinki drogi po autostradach, natomiast nie zdały egzaminu w zastosowaniu do autobusów, szczególnie miejskich, które podlegają ciągłej zmianie obciążeń i prędkości obrotowej, na które wirnikowe maszyny przepływowe reagują znacznym opóźnieniem. W przypadku silników przeznaczonych do autobusów najważniejszym czynnikiem powinna być elastyczność z racji ciągłej zmiany warunków pracy. W tej dziedzinie silniki serii D13A mają wyniki imponujące gdyż wartość współczynnika elastyczności całkowitej wynosi 4,0.

Wykorzystując wzór 2 obliczono orientacyjną charakterystykę zużycia jednostkowego paliwa dla silnika Volvo D 12D, którą przedstawia rys.1.

3. Zakończenie

Jak widać z przytoczonych przykładów cały czas toczy się walka o zmniejszenie zużycia paliwa, szczególnie dotyczy to silników samochodów ciężarowych o dużej ładowności gdzie to wyraźnie widać na ile rosną koszty przewozów. Stąd też powrót do wykonywania charakterystyk uniwersalnych, co prawda pracochłonnych, ale dających bardzo wyraźny obraz wykorzystania pola podaży momentu obrotowego. Charakterystyki gęstości czasowej wykorzystania silnika pozwalają na zmniejszenie kosztów eksploatacyjnych zależnych od czynnika ludzkiego, bo konstruktorzy uzyskali znaczny postęp jak widać z opisanych przykładów, a problemami tymi zajmują się wszystkie firmy produkujące samochody ciężarowe.

Literatura

- [1] Mysłowski, J. Mysłowski, J., *Tendencje rozwojowe silników spalinowych o zapłonie samoczynnym*, Wyd. AUTOBUSY, Radom 2006.
- [2] <http://www.apps.volvopolska.pl>.

