

METODY USTALENIA NORMATYWNEGO ZUŻYCIA PALIWA POJAZDÓW SAMOCHODOWYCH EKSPLOATOWANYCH W PRZEDSIĘBIORSTWACH

W artykule przedstawiony został problem ustalania normatywnego zużycia paliwa w przedsiębiorstwach i jednostkach administracji. Pierwszy rozdział artykułu charakteryzuje wybrane metody pomiaru zużycia paliwa. Właściwa część pracy dotyczy przeprowadzenia badania eksploatacyjnego zużycia paliwa dla wybranego pojazdu samochodowego. Uzyskane wyniki z prób drogowych porównano do wartości zużycia paliwa deklarowanych przez producenta pojazdu.

WSTĘP

W ciągu ostatnich lat na polskich drogach przybywa coraz więcej pojazdów samochodowych. Jest to związane z postępowaniem konstrukcji, technologii jak i lepszą dostępnością samochodów w przystępnych cenach. Każde przedsiębiorstwo bez względu na rodzaj prowadzonej działalności posiada samochód, bądź też flotę samochodów firmowych [3].

W dobie kryzysu przedsiębiorstwa szukają oszczędności na każdym szczeblu prowadzonej działalności. Utrzymywanie firmowych samochodów wiąże się z kosztami m.in. ich eksploatacji, obsługi oraz zużycia paliwa. Jedną z zasad prawidłowej eksploatacji pojazdów samochodowych jest dążenie do uzyskania możliwie najmniejszego zużycia paliwa [4]. Należy uwzględnić to, że ilość zużytego paliwa przez pojazdy jest zależna od jego stanu technicznego oraz warunków eksploatacji. Nie można jednak dopuścić do wystąpienia ujemnych skutków oszczędzania paliwa, takich jak zmniejszenie trwałości pojazdu. Wiele przedsiębiorstw boryka się z problemem rozliczania aut firmowych względem zużycia paliwa. Spowodowane jest to najczęściej dużą rozbieżnością w średnim spalaniu tych pojazdów [5]. Większe firmy jak i instytucje administracyjne ustalają swoje wewnętrzne normy zużycia paliwa.

Celem tej pracy jest analiza metod badania normatywnego zużycia paliwa dla pojazdów samochodowych oraz praktyczne wyznaczenie zużycia paliwa metodą „pełnego zbiornika” dla pojazdów samochodowych wykorzystywanych w przedsiębiorstwach i instytucjach państwowych.

1. METODY POMIARU ZUŻYCIA PALIWA

W praktyce istnieje wiele metod pomiaru zużycia paliwa, lecz możliwości ich zastosowania zależne są od różnego rodzaju czynników m. in.: żądanej dokładności pomiaru oraz możliwości zastosowania w danym układzie zasilania. Metody pomiaru zużycia paliwa możemy podzielić na dwie grupy [2]:

- laboratoryjne,
- trakcyjne (drogowe).

Główną grupę metod pomiaru stanowią metody laboratoryjne. Metody te stosuje się w warunkach laboratoryjnych np. mogą to być badania na hamowni podwozowej albo badania homologacyjne pojazdów. Metody laboratoryjne cechują się dużą dokładnością pomiaru ok. ~0,5%, lecz są one wykonywane w ograniczonym zakresie ze względów zastosowania aparatury laboratoryjnej jak

i odpowiednio przygotowanego do pomiaru pojazdu. Dużą wadą metod laboratoryjnych jest brak możliwości dokonania pomiarów dla pojazdów w ich środowisku roboczym. Jest to związane niekiedy z trudnymi warunkami eksploatacji, w których aparatura laboratoryjna nie jest w stanie dokonać dokładnych pomiarów, bądź utrudnieniem w integracji w układ zasilania.

Metody trakcyjne są metodami, które pozwalają na pomiar zużycia paliwa przez silnik w każdych warunkach użytkowania pojazdu z użyciem odpowiednich urządzeń albo procedur pomiarowych. Metody te zaczęto stosować już w latach siedemdziesiątych, lecz są traktowane jako pomiary orientacyjne z dużym błędem pomiarowym [6].

Badania zużycia paliwa obejmują swoim działaniem pomiary zużycia paliwa w funkcji ustalonej prędkości jazdy, jak również pomiary w niestabilnych warunkach ruchu. Próby przy stałych prędkościach jazdy dokonuje się na odcinku pomiarowym o długości co najmniej 2000m. Powinna to być zawsze droga sucha, płaska, ulepszona o gładkiej nawierzchni, na której pochyłości nie przekraczają 2% [8,9]. Samochód podczas badania powinien być w pełni sprawny, z przebiegiem min. 3000km. Szczegółowy opis wymagań stawianych: pojazdowi, warunkom atmosferycznych jak i odcinkowi pomiarowemu zawiera norma PN-84/S-04003 „Kontrolne zużycie paliwa samochodów o masie powyżej 3500kg. Metody pomiarów.” oraz PN-93/S-04000 „Kontrolne zużycie paliwa. Metody pomiaru.”

1.1. Metoda bilansu węglowego

Jest to metoda określania zużycia paliwa w oparciu o ilość węgla znajdującą się w gazach wydechowych. Szczegółowy opis tej metody znajduje się w Dyrektywie Rady Unii Europejskiej 80/1268/EWG [7]. W silnikach pojazdów samochodowych zachodzą złożone reakcje chemiczne, lecz zależność między zużyciem paliwa a emisją węgla w gazach wydechowych może być określona w prosty sposób. Aktualnie stosowane są paliwa składające się prawie wyłącznie z węglowodorów nasyconych. Podczas procesu spalania cały węgiel jest wydalany w spalinach pojazdu, które składają się z tlenu pochodzącego z powietrza w postaci tlenku węgla, dwutlenku węgla lub niespalonych węglowodorów. Podczas tego badania zakładamy, że silnik poprzez spaliny wydała taką samą ilość węgla jaką zużywa w postaci paliwa. Dlatego ilość zużytego paliwa określa się na podstawie ilości węgla zgromadzonego w gazach wydechowych [1].

1.2. Metoda Linii Willansa

Kolejną metodą określania zużycia paliwa jest identyfikacja na podstawie „mapy silnika”. Pomiar dokonuje się na hamowni dla konkretnego silnika. Z map silnika można odczytać różnego rodzaju parametry pracy silnika. Jest to tzw. trójwymiarowa mapa sprawności silnika. Lecz z map nie możemy odczytać bezpośrednio informacji o zużyciu paliwa w funkcji czasu. Dlatego na ich podstawie buduje się uproszczone modele zwane liniami Willansa. Metoda ta wykazuje zależność między mocą pobraną (paliwo zużyte) a mocą użyteczną. Jest ona metodą miarodajną dla normalnego zakresu pracy silnika co ukazują za pomocą linii ciągłych. Natomiast linie przerywane odpowiadają szybkiemu spadkowi sprawności w przypadku szybkiego wzrostu mocy użytecznej (kierowca naciska na pedał gazu, podczas gdy obroty silnika nie są odpowiednie do prędkości jazdy – odpowiada to gwałtownemu zużyciu paliwa, przy braku zauważalnego przyspieszenia przez pojazd) [1]. W celu określenia zużycia paliwa na odcinku 100km, należy zestawić ze sobą obroty silnika oraz przełożenie całkowite układu napędowego.

1.3. Metoda „pełnego zbiornika”

Częściej spotykaną metodą jest metoda tzw. pełnego zbiornika. W tej metodzie ilość zużytego paliwa określa się objętościowo lub masowo. Polega ona na napełnieniu zbiornika do pełna przed rozpoczęciem jazdy na odcinku próbnym i następnie pomiarze ilości paliwa jaką trzeba dodać po zakończeniu próby. Zużycie eksploatacyjne paliwa bada się na drodze pomiarowej o długości 25-30km. Wynik, który uzyskamy będzie to wartość zużycia paliwa wyrażona w litrach na 100km przejechanej drogi [1,2,5]. Metoda ta jest metodą niedokładną, lecz łatwą w zastosowaniu. Istnieje możliwość zastosowania osobnego zbiornika pomiarowego paliwa, lecz stosowanie tej metody w warunkach rzeczywistych jest kłopotliwe. Dzięki zastosowaniu zbiornika pomiarowego dokładność pomiaru jest wysoka, gdyż możemy dokonać pomiaru masowego i objętościowego. Wadą tych metod jest to, że określają one tylko sumaryczne zużycie paliwa w całym czasie trwania próby i nie ma możliwości odczytania chwilowego zużycia paliwa.

2. PROPOZYCJA METODY POMIAROWEJ DLA USTALENIA NORMATYWNEGO EKSPLOATACYJNEGO ZUŻYCIA PALIWA

Do oceny eksploatacyjnego zużycia paliwa wykorzystuje się jeden z dwóch parametrów: sprawność eksploatacyjną η [%] lub przebiegowe zużycie paliwa Q [dm³/100km] [2]. Pomiar przebiegowego zużycia paliwa są dokonywane w warunkach rzeczywistej eksploatacji i uwzględniają warunki ruchu (miasto, dana trasa) oraz sposób prowadzenia pojazdu przez kierowcę. Ocena eksploatacyjnego zużycia paliwa dokonywana przez kierowców napotyka jednak na trudności związane z brakiem wzorca, do którego można porównać zmierzone wartości. W związku z tym należy zidentyfikować warunki eksploatacji pojazdu i przypisać im wg przyjętego modelu referencyjne zużycie paliwa.

W celu ujednoczenia pomiaru zużycia paliwa w krajach Unii Europejskiej obowiązuje dyrektywa 93/116/EC z dnia 17 grudnia 1993 r. dostosowująca do postępu technicznego dyrektywę 80/1268/EWG odnoszącą się do zużycia paliwa w pojazdach silnikowych. Na podstawie tej dyrektywy od 1996 r. wyznacza się zużycie paliwa w cyklu miejskim jak i poza miejskim dla pojazdów samochodowych. Pomiaru dokonuje się w warunkach laboratoryjnych przy określonej temperaturze 20°C, ciśnieniu 980,665 hPa i wilgotności 40% [7]. Natomiast samo badanie dokonuje się na stanowisku rolkowym (hamownia podwoziowa), wg ściśle określonej procedury, która jest opisana w załączniku Dyrektywy Rady Unii

Europejskiej 80/1268/EWG. W ten sposób dokonuje się pomiaru zużycia paliwa w cyklu miejskim i poza miejskim na podstawie analizy spalin (bilansu węglowego).

Powyższy sposób pomiaru jest bardziej odpowiedni niż stosowany uprzednio przez Europejską Komisję Gospodarczą (ECE), który polegał na odwzorowaniu ruchu miejskiego i jazdy ze stałą prędkością 90km/h lub 120km/h na autostradach. Zużycia paliwa w cyklu miejskim oraz pozamiejskim znacznie się różnią, dlatego niektórzy producenci m.in. Nissan czy Volvo podają w swoich prospectach tylko wartość średnią zużycia paliwa, bez ujawniania zużycia paliwa w cyklu miejskim i pozamiejskim [7,8].

Cykl pomiarowy wg dyrektyw europejskich, również nie odzwierciedla rzeczywistego zużycia paliwa przez pojazdy samochodowe. Taki stan rzeczy wprowadza w błąd przyszłych nabywców. Jest to spowodowane tym, że na zużycie paliwa wpływa bardzo wiele czynników, których podczas badań laboratoryjnych nie możemy odtworzyć. Jednym z nich jest opór aerodynamiczny, technika prowadzenia pojazdu przez kierowcę itd. Na hamowni podwoziowej możemy ustalić opór toczenia, natomiast w rzeczywistości ten opór nie jest stały, lecz zmienny w zależności od powierzchni (drogi), po której się poruszamy. To samo dotyczy się warunków atmosferycznych, które nigdy nie będą odpowiadać warunkom ściśle laboratoryjnym. Masa pojazdu ma również bardzo duże znaczenie, w szczególności w cyklu miejskim, gdzie następują częste postoje i ponowne rozpędzania pojazdu. Aby napędzić masę potrzeba jest nam energia, im większa masa pojazdu tym zwiększone zużycie paliwa. Jednak najistotniejszy wpływ na zużycie paliwa ma styl prowadzenia pojazdu przez danego kierowcę.

Proponując szybką procedurę pomiarową w pracy wykorzystano metodę „pełnego zbiornika” do wyznaczenia zużycia paliwa. Pomiar przeprowadzone zostały zarówno w ruchu miejskim, pozamiejskim oraz w cyklu mieszanym. Uzyskane wartości następnie porównano z wartościami podanymi przez producenta pojazdu. Do pomiaru pokonanej prędkości średniej jak i czasu podróży wykorzystane zostały urządzenia GPS.

2.1. Ocena zaprezentowanej metodyki na podstawie prób drogowych

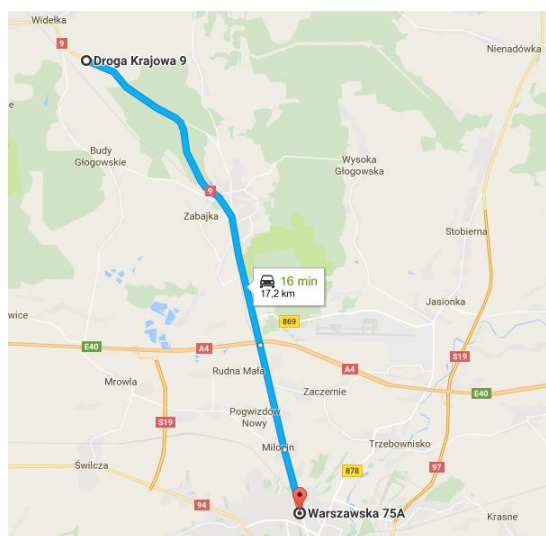
Pomiar zużycia paliwa został przeprowadzony na pojeździe marki Opel Corsa z 2001 r. o przebiegu 124000 km. Badany pojazd jest wyposażony w silnik z zapłonem iskrowym o pojemności 973 cm³ oraz manualną skrzynię biegów z pięcioma przełożeniami. Zastosowany w pojeździe olej silnikowy to Mobil1 10W40. Dodatkowo pojazd ze względu na warunki zimowe został wyposażony w ogumienie zimowe o standardowych wymiarach 155/80 R13 marki Kleber model Krispal 3 [10].

Zużycie paliwa zostało zbadane objętościowo metodą pełnego zbiornika. Polegało to na napełnieniu zbiornika paliwa do pełna przed rozpoczęciem jazdy pomiarowej, następnie przejechania odcinka pomiarowego zgodnie z przepisami ruchu drogowego. Po pokonaniu odcinka pomiarowego dokonano pomiaru ilości paliwa jaką należało dodać po zakończeniu próby.

Aby pomiar był bardziej dokładny do jego przeprowadzenia zostało użyte paliwo EuroSuper PB95 jednego producenta PKN Orlen. Podczas badania wykorzystano urządzenie jakim jest nawigacja GPS. Urządzenie to dokonywało pomiarów: prędkości średniej, maksymalnej, czasu pomiaru oraz postojów. Długość odcinka pomiarowego była liczona za pomocą licznika będącego standardowym wyposażeniem badanego pojazdu. Dodatkowo zestawiona była z wynikami z urządzenia GPS. Temperatura mierzona była za pomocą seryjnego (pokładowego) termometru. Natomiast bardziej szczegółowe informacje pogodowe dotyczące: wilgotności, ciśnie-

nia, temperatury siły wiatru pobrane zostały z portali meteorologicznych.

Pojazd podczas badania obciążony był dodatkową masą wynoszącą ok. 140 kg. Zbędne wyposażenie zostało usunięte z pojazdu. Podczas pomiarów wszelkiego rodzaju urządzenia elektryczne w pojeździe zostały wyłączone. Na początku przeprowadzono badania eksploatacyjnego zużycia paliwa na trasie pozamiejskiej. Wybrana trasa to droga krajowa nr 9 prowadząca z Radomia do Barwinka przez Rzeszów. Droga ta jest częścią międzynarodowej drogi E371. Trasa, na której było mierzone zużycie paliwa zaczynała się w miejscowości Widelka, w miejscu o współrzędnych geograficznych 50°12'3"N, 21°52'23"E. Odcinek badawczy jaki pokonano wyniósł 17,2km i kończył się na stacji paliwowej PKN Orlen ul. Warszawska 75a, 35-205 Rzeszów (50°3'27"N, 21°59'41"E). Trasa badania została przedstawiona na rys. 1, na którym oznaczono również początek trasy jako punkt A i koniec jako punkt B.



Rys 1. Trasa badania zużycia paliwa w cyklu pozamiejskim

Trasa została pokonana trzykrotnie w celu uzyskania średniej wartości zużycia paliwa oraz bardziej dokładnego wyniku.

Pierwszy pomiar został przeprowadzony dnia 30.11.2015 r. o godzinie 10:45.

Warunki atmosferyczne jakie panowały:

- temperatura -5,5°C,
- ciśnienie 1001 hPa,
- wilgotność powietrza 81%,
- wiatr północno-wschodni wiejący z prędkością 7 m/s.

Eksploatacyjne zużycie paliwa było mierzone na odcinku 17,2km, trasa ta została pokonana w czasie 19 min 37 s, z średnią prędkością 53km/h. Warunki drogowe były dobre, mimo panującej zimy, jezdnia była odśnieżona, sucha bez oblodzeń. Ruch samochodów był niewielki, a przejazd odbywał się płynnie, najwyższa odnotowana prędkość to 94km/h. Wzmógłony ruch rozpoczął się przy zjeździe z obwodnicy na ok. 8km próby, co było spowodowane wyjeżdżającymi pojazdami od strony Głogowa. Lecz po niecałym kilometrze ruch wrócił do normy i średnia prędkość wynosiła 78km/h. Następnie, aż do końca odcinka ruch był wzmógłony, lecz płynny i tu średnie prędkości wynosiły ok. 60km/h. Chwilowe zużycie paliwa na tym odcinku wyniosło 0,85l, co po przeliczeniu daje nam wynik:

$$\rho_1 = \frac{0,85}{17,2} * 100 = 4,97 \text{ l/100km} \quad (1)$$

Drugi pomiar został przeprowadzony tego samego dnia o godzinie 15:30.

Warunki atmosferyczne jakie panowały to:

- temperatura -6°C,
- ciśnienie 1000 hPa,
- wilgotność powietrza 79% ,
- wiatr północno-wschodni wiejący z prędkością 6 m/s.

Czas w jaki pokonano trasę wyniósł 24 min 23 s. Warunki drogowe były również tak jak w pierwszej próbie. Ruch na drodze był płynny, lecz wzmógłony. Średnia prędkość jaką osiągnięto to 42km/h, a maksymalna 91km/h. Jedyne postój jaki odnotowano to 23s na skrzyżowaniu ul. Warszawskiej i Staromiejskiej.. Zużycie paliwa wyniosło 0,87l, co po przeliczeniu daje nam wynik:

$$\rho_2 = \frac{0,87}{17,2} * 100 = 5,05 \text{ l/100km} \quad (2)$$

Ostatnia próba została przeprowadzona tego samego dnia o godz. 18:10. Warunki atmosferyczne były następujące:

- temperatura -7°C,
- ciśnienie 999 hPa,
- wilgotność powietrza 83%,
- wiatr północno-wschodni wiejący z prędkością 7 m/s.

Trasa ta została pokonana w czasie 17 min 2 sekund, z średnią prędkością 69km/h. Ruch samochodów był niewielki, a przejazd odbywał się płynnie. Prędkość maksymalna została osiągnięta na obwodnicy Głogowa Małopolskiego i wyniosła 97km/h. Zużycie paliwa na tym odcinku wyniosło 0,82l, co jest najmniejszą odnotowaną wartością ze wszystkich przeprowadzonych prób. Po przeliczeniu daje nam wynik:

$$\rho_3 = \frac{0,82}{17,2} * 100 = 4,76 \text{ l/100km} \quad (3)$$

W tab. 1 przedstawiono wyniki trzech prób w cyklu pozamiejskim.

Tab. 1. Zestawienie wyników z prób pozamiejskich

próba	V _{sr} [km/h]	t [min]	V max	ρ [l/100km]
I	53	19,37	94	4,94
II	42	24,23	91	5,05
III	69	17,02	97	4,76
			Σρ	4,917

Średnia wartość eksploatacyjnego zużycia paliwa w cyklu pozamiejskim wyniosła 4,92 l/100 km. Wartość zużycia paliwa w cyklu pozamiejskim jaka podaje producent wynosi 4,7 l/100 km. Powodem takiego stanu rzeczy są warunki zimowe jak i zastosowane opony charakteryzujące się większym oporem toczenia. Duży wpływ na wynik miał też styl jazdy kierowcy i praktycznie brak postojów, a co za tym idzie ponownych rozpędzeń pojazdu.

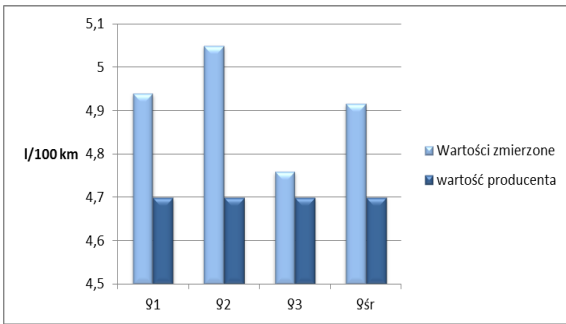
Współczynnik ζ określa nam stosunek wartości średniej zużycia paliwa do wartości deklarowanej przez producenta, oblicza się go ze wzoru 4 [5].

$$\zeta = \frac{\rho_{sr} - \rho_{dek}}{\rho_{dekl.}} * 100\% \quad (4)$$

W badanym przypadku stosunek ten równy jest:

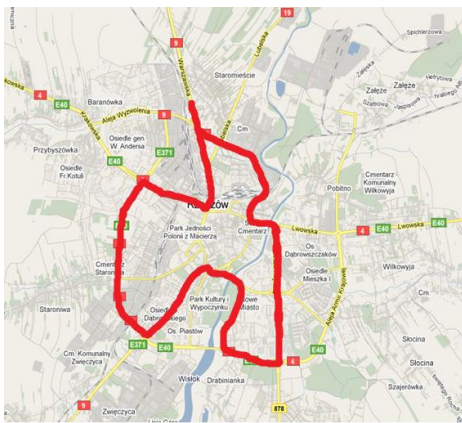
$$\zeta = \frac{4,92 - 4,7}{4,7} * 100\% = 4,69\% \quad (5)$$

Na rys. 2 zostały zestawione wyniki zmierzone podczas prób drogowych w cyklu pozamiejskim z wartościami jakie podaje nam producent.



Rys. 2. Zestawienie wyników zużycia paliwa w cyklu pozamiejskim

Po przeprowadzeniu badań w ruchu pozamiejskim, przeprowadzono pomiar eksploatacyjnego zużycia paliwa w cyklu miejskim w Rzeszowie. Badania odbywały się tego samego dnia co badania w ruchu pozamiejskim, więc warunki atmosferyczne były bardzo zbliżone do siebie. Sposób przeprowadzenia badania był taki sam jak w cyklu pozamiejskim, a więc metodą pełnego zbiornika. Trasę jaką obrano do przeprowadzenia badań drogowych zaczynała się i kończyła się na stacji paliw PKN Orlen ul. Warszawska 75a, 35-205 Rzeszów (50°3'27"N, 21°59'41"E), na drodze wylotowej w kierunku Radomia (droga krajowa nr 9 - E371). Trasa badania została przedstawiona na rys. 3. Eksploatacyjne zużycie paliwa w cyklu miejskim było mierzone na odcinku o długości 16,8 km



Rys. 3. Trasa badania zużycia paliwa w cyklu miejskim

Trasa została pokonana trzy krotnie podobnie jak w cyklu pozamiejskim, dzięki czemu możliwe było uzyskanie średniej wartości zużycia paliwa.

Warunki atmosferyczne jakie panowały podczas pierwszej próby drogowej:

- temperatura -5,5°C,
- ciśnienie 1001 hPa,
- wilgotność powietrza 81%,
- wiatr północno-wschodni wiejący z prędkością 7 m/s.

Czas w jaki pokonano pierwszą próbę to 34min 17s. Średnia prędkość przejazdu wyniosła 29km/h, natomiast łączny czas postojów 4min 42s. Zużycie paliwa na tym odcinku wyniosło 1,23l, co po przeliczeniu daje nam wynik:

$$\rho_1 = \frac{1,23}{16,8} * 100 = 7,32 \text{ l/100km} \quad (6)$$

Drugi pomiar został przeprowadzony tego samego dnia o godzinie 16:05. Warunki atmosferyczne jakie panowały na drodze:

- temperatura -6°C,
- ciśnienie 1000 hPa,
- wilgotność powietrza 79%,
- wiatr północno-wschodni wiejący z prędkością 6 m/s.

Ruch na drodze był wzmożony, na drogach powstawały kongestie. Czas w jaki pokonano trasę to 57min 9s ze średnią prędkością

17km/h i łączną wartością postojów 9min 16 s. Zużycie paliwa na tym odcinku wyniosło 1,32l, gdzie po przeliczeniu daje nam wynik:

$$\rho_2 = \frac{1,32}{16,8} * 100 = 7,86 \text{ l/100km} \quad (7)$$

Ostatni pomiar został przeprowadzony o godz. 18:40. Warunki atmosferyczne były następujące:

- temperatura -7°C,
- ciśnienie 999 hPa,
- wilgotność powietrza 83%,
- wiatr północno-wschodni wiejący z prędkością 7 m/s.

Trasa została pokonana w czasie 27min 36s, z średnią prędkością 35km/h, łączny czas postojów wyniósł 3min 51s. Zagęszczenie ruchu na drodze było niewielkie, a przejazd odbywał się płynnie poza postojem na światłach. Podczas tej próby odnotowano najniższe zużycie paliwa, które wyniosło 1,20l, co po przeliczeniu daje nam wynik:

$$\rho_3 = \frac{1,20}{16,8} * 100 = 7,14 \text{ l/100km} \quad (8)$$

Średnia wartość eksploatacyjnego zużycia paliwa w cyklu jazdy miejskiej wyniosła 7,44 l/100 km.

Tab. 2 Zestawienie wyników z prób miejskich

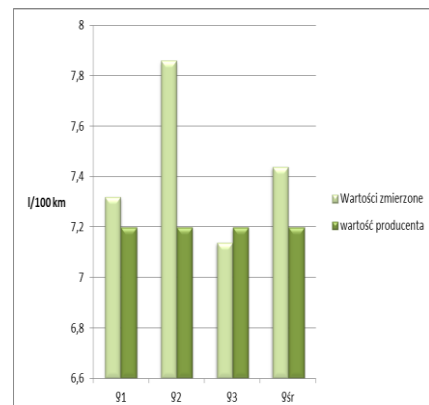
próba	Vśr [km/h]	t [min]	V max	ρ [l/100km]
I	29	34,17	75	7,32
II	17	57,09	69	7,86
III	35	27,36	81	7,14
Σρ				7,440

Wartość zużycia paliwa w cyklu miejskim jaką podaje producent wynosi 7,2 l/100 km i jest to wartość nieznacznie mniejsza od uzyskanej w próbach drogowych. Powodem takiego wyniku jest to, że badania zostały przeprowadzone w różnych warunkach miejskich. Pierwsza jak i trzecia próba przebiegały w podobnych warunkach i wyniki też są zbliżone do siebie. Natomiast druga próba przebiegała w bardzo trudnych warunkach natężenia ruchu. Powodem takiego natężenia ruchu była godzina ok. 16 tzw. „godziny szczytu”. Powodem takiego wyniku są też opony zimowe charakteryzujące się większym oporem toczenia. Duży wpływ na wynik miał też dosyć łagodny styl jazdy kierowcy.

Współczynnik ζ określający nam stosunek wartości średniej zużycia paliwa w cyklu miejskim do wartości deklarowanej przez producenta wynosi:

$$\zeta = \frac{7,44 - 7,2}{7,2} * 100\% = 3,33\% \quad (9)$$

Na rys. 4 zostały zestawione wyniki zmierzone podczas prób drogowych w cyklu miejskim z wartościami jakie podaje nam producent.



Rys. 4. Zestawienie wyników zużycia paliwa w cyklu miejskim

Średnie eksploatacyjne zużycie paliwa można obliczyć ze wzoru 10 [2].

$$\rho_{\text{norm}} = Q_m * \rho_m + Q_p * \rho_p \quad (10)$$

gdzie:

- Q_m - współczynnik dla cyklu miejskiego,
- Q_p – współczynnik dla cyklu pozamiejskiego,
- q_m – wartość średniego zużycia paliwa w cyklu miejskim,
- q_p – wartość średniego zużycia paliwa w cyklu miejskim.

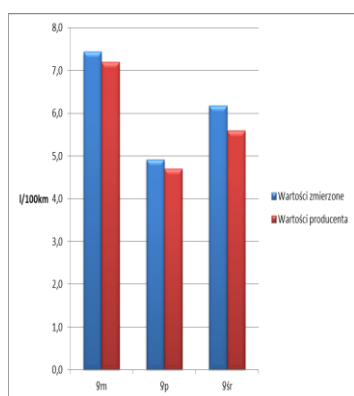
Współczynniki Q_m i Q_p są zmienne i zależne od warunków użytkowania danego pojazdu. Gdy samochód jest wykorzystywany głównie na trasach pozamiejskich ten współczynnik może wynosić np. $Q_m=0,2$, $Q_p=0,8$, natomiast gdy auto głównie pokonuje odcinki w mieście współczynniki te wynoszą $Q_m=0,9$, $Q_p=0,1$.

W badanym przypadku trasa pozamiejska mierzyła 17,2 km, a trasa miejska 16,8 km co daje nam stosunek rzędu 0,505 do 0,495 dla trasy pozamiejskiej. Dla zaokrąglenia przyjmujemy współczynniki $Q_m=0,5$, $Q_p=0,5$. Mając już współczynniki Q_m i Q_p , obliczamy średnią wartość eksploatacyjnego zużycia paliwa na podstawie wzoru 11.

$$\rho_{\text{norm}} = 0,5 * 7,44 + 0,5 * 4,91 = 6,18 \text{ l} / 100 \text{ km} \quad (11)$$

Według obliczeń wartość średniego zużycia paliwa w badanym pojeździe wyniosła 6,18l/100km. Producent nie podaje średniego zużycia paliwa, lecz tylko wartość średniej ważonej z cyklu miejskiego i pozamiejskiego i wynosi ona 5,6l/100km. Tak duża różnica może wynikać z tego, że producenci przeważnie podają średnie zużycie paliwa na podstawie sumy uzyskanych wyników zużycia paliwa w cyklu miejskim i pozamiejskim podzieloną przez długość odcinków pomiarowych.

Na rys. 5 przedstawiono wartości zużycia paliwa uzyskane przez pomiar eksploatacyjnego zużycia paliwa porównane z wartościami podanymi przez producenta.



Rys. 5. Zestawienie wyników zużycia paliwa.

PODSUMOWANIE

Metoda, która wykorzystana została do pomiaru eksploatacyjnego zużycia paliwa jest jednym z najłatwiejszych sposobów pomiaru, ponieważ nie potrzebuje ingerencji w układ zasilania ani specjalistycznego osprzętu. Takiego pomiaru może dokonać każdy kierowca jak i każde przedsiębiorstwo. Dzięki temu można kontrolować średnie zużycie paliwa oraz wydatki na zakup paliwa. Pomiar ten nie należy do dokładnych, lecz ma dużą przewagę na pomiarach laboratoryjnymi, ponieważ wartość zmierzona jest wartością rzeczywistą, odpowiadającą warunkom użytkowania.

Poprzez wykorzystanie współczynnika ζ określającego nam stosunek wartości średniej zużycia paliwa do wartości deklarowanej przez producenta, możemy śledzić odchylenia procentowe od wartości nominalnej. Natomiast obliczając średnie eksploatacyjne zużycie

paliwa, stosując współczynniki dla cykli miejskich i pozamiejskich, możemy obliczyć wartość z większym odzwierciedleniem naturalnych warunków eksploatacji.

Procedura pomiaru może znaleźć zastosowanie w różnego rodzaju przedsiębiorstwach jak i jednostkach administracji, w których kładziony jest nacisk na szczegółowe rozliczenie zużycia paliwa w samochodach służbowych. Zastosowanie procedury pomiarowej eksploatacyjnego zużycia paliwa wraz z obliczeniem procentowych odchyłek od danych producenta jest możliwe tylko dla badanego pojazdu i nie ma możliwości rozszerzenia na pozostałe pojazdy bez wykonania dodatkowych pomiarów. Spowodowane jest to tym, że każdy pojazd wykazuje różne zużycie paliwa w tych samych warunkach eksploatacji.

BIBLIOGRAFIA

1. Fundowicz P., Radzimierski M., Wieczorek M., Konstrukcje pojazdów samochodowych, Wydawnictwo Szkolne i Pedagogiczne, Warszawa 2010.
2. Kropiwnicki J., Ocena eksploatacyjnego zużycia paliwa samochodów. Silniki spalinowe. nr 3, Bielsko Biala 2010.
3. Lejda K., Mądziel M., Zrównoważony rozwój transportu i jego wpływ na funkcjonowanie systemów komunikacji miejskiej, Autobusy. Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe, Nr 6, Radom 2016.
4. Mendyk E., *Ekonomika transportu*. Wyższa Szkoła Logistyki, Poznań 2009.
5. Mysłowski J., Zużycie paliwa europejskich samochodów osobowych, Autobusy. Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe, Nr 6, Radom 2014.
6. Rychlik A., Metody pomiaru zużycia paliwa pojazdów użytkowych. Eksploatacja i Niezawodność nr 4, 2006.
7. Dyrektywa Rady Unii Europejskiej 80/1268/EWG odnosząca się do emisji dwutlenku węgla i zużycia paliwa w pojazdach silnikowych.
8. PN-93/S-04000 Kontrolne zużycie paliwa, metody pomiaru.
9. PN-84/S-04003 Kontrolne zużycie paliwa samochodów o masie powyżej 3500kg, metody pomiaru.
10. Wyciąg ze świadectwa homologacji – Opel Corsa C (1.0) General Motors.

Methods for determining normative fuel consumption of motor vehicle exploited in enterprises

In the article is presented the problem of determining the normative fuel consumption in enterprises and units of administration. The first chapter of article characterizes selected fuel consumption measurement methods. Proper part of work applies to conduct of research consumable fuel consumption for selected motor vehicle. The results from road trials were compared to values of fuel consumption declared by the manufacturer of the vehicle.

Autorzy:

mgr inż. **Dawid Latała** – Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza, Wydział Budowy Maszyn i Lotnictwa, Katedra Technologii Maszyn i Inżynierii Produkcji

mgr inż. **Maksymilian Mądziel** – Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza, Wydział Budowy Maszyn i Lotnictwa, Katedra Silników Spalinowych i Transportu