

BADANIA PORÓWNAWCZE PARAMETRÓW OPERACYJNYCH SILNIKA SB3.1/CR5 PRZY ZASILANIU PALIWEM SYNTETYCZNYM I OLEJEM NAPEĐOWYM

Mirosław JAKUBOWSKI¹, Krzysztof BALAWENDER²

W artykule przedstawiono wyniki badań hamownianych przeprowadzonych na silniku SB3.1/CR5 przy zasilaniu ON oraz jego mieszankami z paliwem syntetycznym uzyskanym z zużytych opon. Badane mieszanki paliw zawierały 5, 10, 15, 20 i 25% paliwa syntetycznego przy pozostałym udziale handlowego ON. W trakcie testów pomiarom podlegały m.in.: siła na hamulcu, prędkość obrotowa wału korbowego silnika (wyznaczenie mocy), zużycie paliwa.

1. WPROWADZENIE

Paliwa płynne, z racji gęstości energii jaką się charakteryzują, są w obecnym czasie doskonałym jej źródłem w odniesieniu do napędu środków transportu. Wydobycie, przetwórstwo oraz dystrybucja ropopochodnych paliw płynnych zostały już opanowane oraz cechują się względną przystępnością cenową w porównaniu do innych źródeł energii.

Ponadto, łatwość przechowywania, dystrybucji i przetwarzania energii w paliwach płynnych czyni je bardzo pożądanym źródłem napędu różnych maszyn oraz wykorzystania np. do ogrzewania itp. Dostęp do łatwych w wykorzystaniu i wydajnych źródeł energii to podstawa możliwości rozwoju państw i narodów. Energia jest siłą napędową gospodarek narodowych. Bez niej nie ma możliwości wytworzenia ani wręcz konsumowania dóbr, czy też względnie normalnej egzystencji. Wynika z tego, iż konieczność dostępu do źródeł energii to swoisty znak czasu.

Coraz większym jednak problemem zaprzatającym umysły naukowców i świadomych decydentów, jest fakt wyczerpywania się zasobów ropy naftowej. Istnieje wiele opracowań na temat wielkości złóż jakie są obecnie eksploatowane oraz tych, które nie zostały jeszcze uruchomione. Ilość dostępnych zasobów ropy naftowej to niewiele ponad 1000 mld baryłek. Przy światowym jej zużyciu na poziomie ok. 27 mld baryłek rocznie, daje to zapas na niespełna 38 lat. Niemniej szacunki odnośnie możliwych do eksploatacji złóż ropy naftowej są bardziej optymistyczne i mówią o okresie nawet 125 lat [1, 2, 6].

Obecnie po drogach całego świata porusza się ok. 750 mln samochodów, a szacunki mówią o trzykrotnym wzroście tej liczby do roku 2050. Przy tym blisko 97% paliw używanych w transporcie pochodzi z ropy naftowej [3, 4, 5].

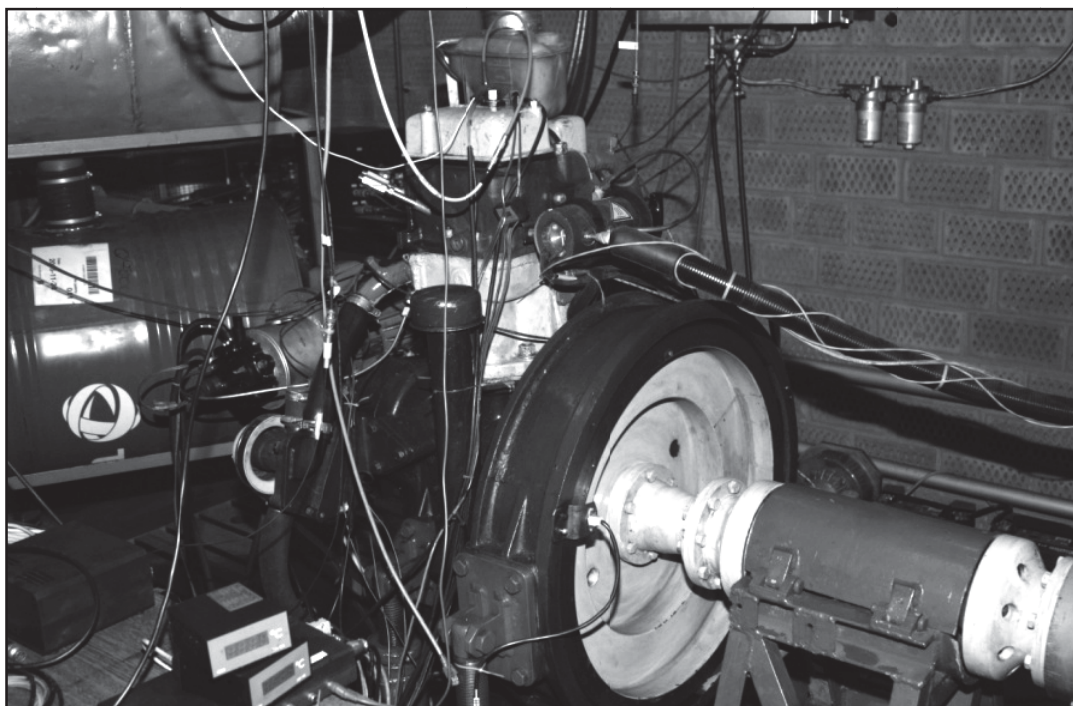
Jednym ze sposobów pozyskania paliw płynnych jest przetworzenie odpadów, np. w postaci złomu gumowego, który obecnie w ok. 80% spalany jest w piecach elektrociepłowni lub cementowni, co z punktu widzenia gospodarczego nie wydaje się rozwiązaniem do końca właściwym. Istnieje więc potrzeba opracowywania nowych technologii przetwórstwa odpadów, w tym opon, na paliwa. Bardzo ważną kwestią jest poznanie wpływu spalania tego rodzaju paliw w silnikach spalinowych na środowisko, a także na mechanizmy silnika, pary tarciove, aparaturę paliwową itp. Z punktu widzenia użytkownika, najważniejsze parametry to moment obrotowy i jego przebieg w funkcji prędkości obrotowej, a także zużycie paliwa warunkujące koszty eksploatacji.

2. STANOWISKO BADAWCZE

W celu przeprowadzenia badań na hamowni identyfikujących przydatność paliwa pochodzącego z opon do zasilania silników o ZS oraz, zostało wykorzystane stanowisko doświadczalne widoczne na rys. 1.

¹ dr inż. Mirosław JAKUBOWSKI, Politechnika Rzeszowska, Katedra Silników Spalinowych i Transportu

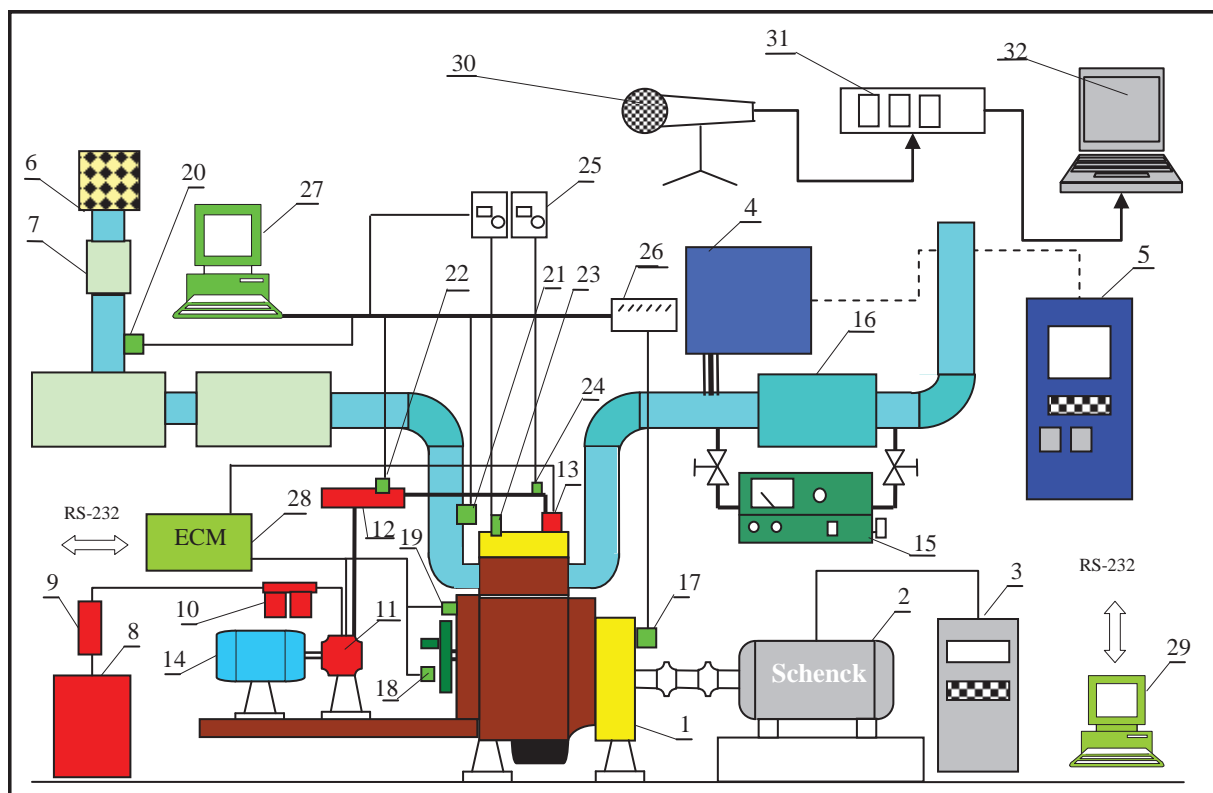
² dr inż. Krzysztof BALAWENDER, Politechnika Rzeszowska, Katedra Silników Spalinowych i Transportu



Rys. 1. Obiekt badań – jednocylindrowy silnik badawczy SB-3.1 z układem zasilania typu CR [2]

Schemat stanowiska pomiarowego został przedstawiony na rys. 2. Stanowisko badawcze składa się z:

- silnika badawczego SB3.1/CR5,
- silnikowego hamulca hydraulicznego typu D-630E firmy Schenck,
- systemu masowego pomiaru zużycia powietrza firmy AVL,
- systemu pomiaru masowego zużycia paliwa firmy AVL,
- systemu pomiaru emisji cząstek stałych typu PTP 2000 firmy Pierburg,
- systemu do indykowania silnika firmy AVL,
- komputerowego systemu rejestracji wielkości szybkozmiennych (m.in. napięcia sterującego pracą wtryskiwacza, prądu w obwodzie wtryskiwacza, sygnałów czujników położenia wału rozrządu i prędkości obrotowej silnika, ciśnień bezwzględnych powietrza w układzie dolotowym silnika),
- systemu do pomiaru parametrów hałasu (NI CompactDAQ + Laptop + oprogramowanie LabVIEW + Sound and Vibration Toolkit)



Rys. 2. Schemat stanowiska pomiarowego: 1 – silnik badawczy SB3.1/CR5, 2 – hamulec hydrauliczny, 3 – pulpit sterowniczy hamulca hydraulicznego, 4 – układ poboru próbek spalin systemu pomiaru emisji PM, 5 – pulpit sterowniczy systemu pomiaru emisji PM, 6 – filtr powietrza, 7 – przepływomierz powietrza ze zbiornikami kompensacyjnymi, 8 – system pomiaru zużycia paliwa, 9 – pompa zasilająca, 10 – zespół filtrów, 11 – pompa wysokiego ciśnienia CR, 12 – zasobnik ciśnienia CR, 13 – wtryskiwacz CR, 14 – silnik elektryczny napędzający pompę wysokiego ciśnienia, 15 – układ pomiaru zadymienia spalin, 16 – tłumik wydechu, 17 – czujnik indukcyjny pomiaru GMP, 18 – czujnik indukcyjny pomiaru położenia wału rozrządu, 19 – czujnik indukcyjny pomiaru prędkości obrotowej silnika, 20, 21 – czujniki ciśnienia bezwzględne 22 – czujnik ciśnienia w zasobniku CR, 23 – czujnik piezokrystaliczny ciśnienia w cylindrze, 24 – czujnik ciśnienia w przewodzie paliwowym łączącym zasobnik ciśnienia z wtryskiwaczem, 25 – wzmacniacze ładunku elektrycznego, 26 – kondycjoner sygnału, 27 – komputer rejestrujący szybkozmienne sygnały elektryczne, 28 – elektroniczny sterownik układu CR, 29 – komputer sterujący parametrami układu CR, 30 – mikrofon SF-21, 31 – NI CompactDAQ, 32 – laptop z oprogramowaniem LabVIEW z dodatkiem Sound and Vibration Toolkit [2]

3. PRZEBIEG BADAŃ

Badania prowadzono w celu wyznaczenia charakterystyki zewnętrznej silnika (wersja silnika, jaką autorzy dysponowali, tzn. z nowym układem zasilania CR, nie miała do tej pory wyznaczonej takiej charakterystyki). Tym samym należało najpierw ustalić parametry sterowania wtryskiem paliwa. Dla silnika badawczego kryterium jakie przyjęto za wyznacznik maksymalnego obciążenia silnika zostało wybrane zadymienie równe 25 (w skali Hartridge'a). Poszczególne punkty pomiarowe wybrano dla prędkości obrotowych w zakresie 1000-1800 obr./min. ze skokiem co 200 obr./min. Dobierane parametry to czas impulsu sterującego wtryskiwaczem oraz kąt wyprzedzenia wtrysku paliwa.

Ustalenie w/w parametrów polegało na tym, iż dla zadanej prędkości obrotowej n tak dobierano kąt wyprzedzenia wtrysku α_{ww} jak również czas impulsu sterującego t_{is} , aby siła odczytywana na hamulcu osiągnęła wartość maksymalną przy założonym zadymieniu spalin równym 25. Ustalenie tych parametrów przeprowadzono dla zasilania silnika handlowym ON. W tabeli 1 przedstawiono ustalone w czasie badań hamownianych punkty pomiarowe.

Tabela 1. Parametry sterowania silnika badawczego wyznaczone w trakcie badań

L.p.	n	α_{ww}	t_{is}	α_w
	[obr/min]	[°OWK]	[μs]	[°OWK]
1.	1000	18	3500	21
2.	1200	20	3100	22
3.	1400	22	2950	25
4.	1600	22	2500	24
5.	1800	22	2100	23

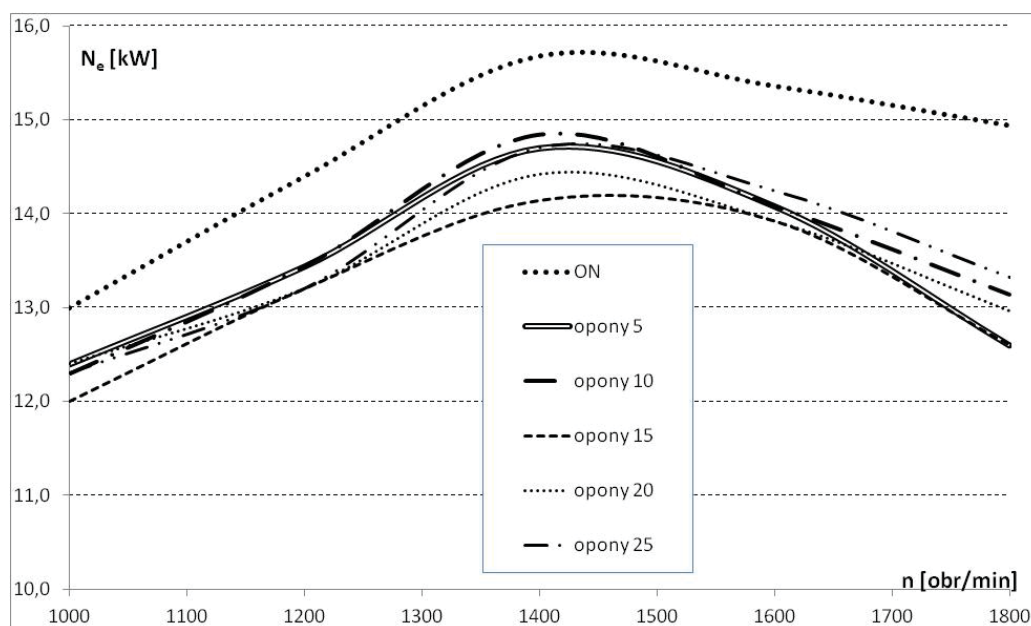
Po przygotowaniu wszystkich paliw, tzn.: ON (czysty handlowy olej napędowy), OPONY 5, OPONY 10, OPONY 15, OPONY 20, OPONY 25 (liczba oznacza procentowy udział paliwa syntetycznego w mieszaninie z ON), wyznaczono charakterystyki zewnętrzne silnika w ustalonych punktach pomiarowych (tabela 1), poczynając od zasilania ON, a następnie, zmieniając kolejno mieszanki w podanych proporcjach.

W czasie badań pomiarom podlegały m.in. następujące parametry:

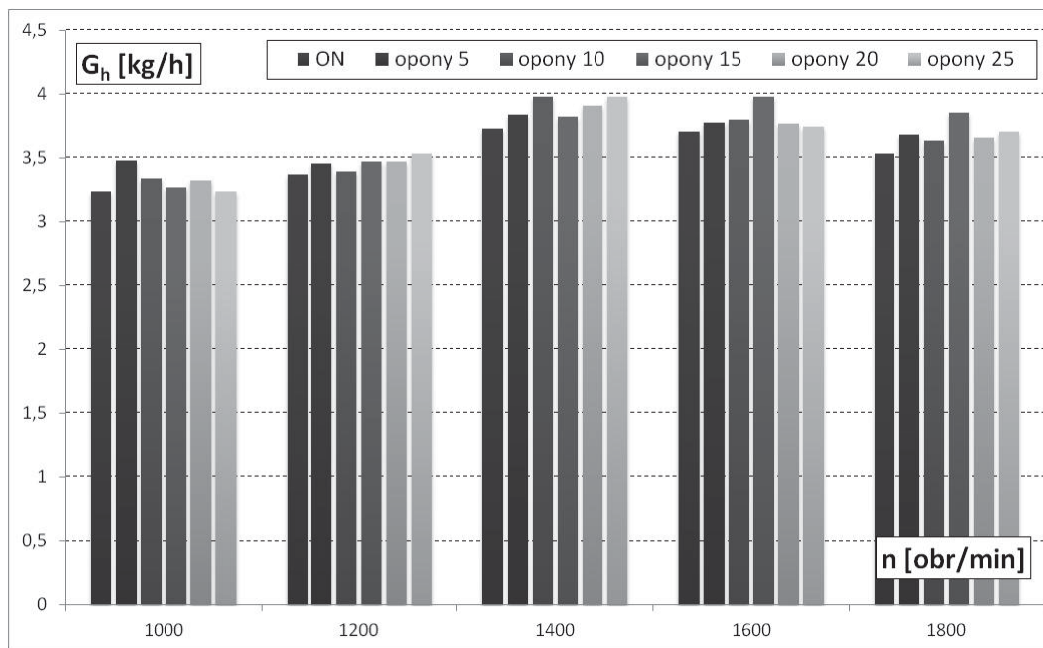
- prędkość obrotowa silnika n [obr/min],
- siła na ramieniu hamulca F [N],
- godzinowe zużycie paliwa G_h [kg/h]
- godzinowe zużycie powietrza G_e [kg/h],

4. WYNIKI BADAŃ

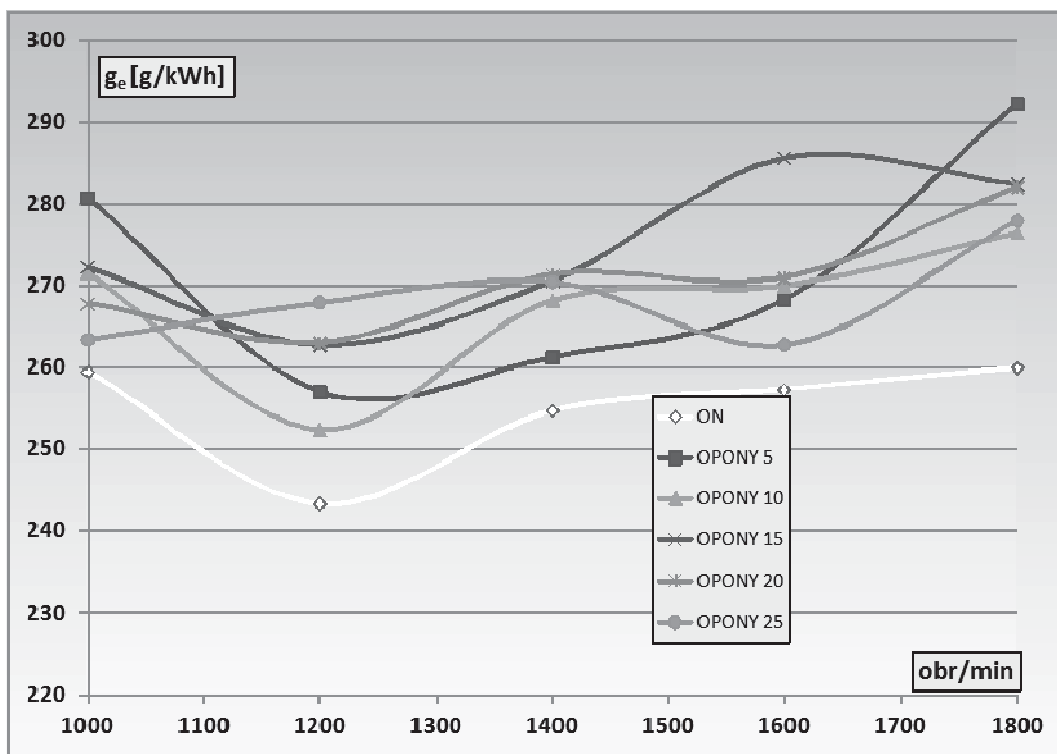
Na rys. 3 do rys. 5 zamieszczone zostały rezultaty jakie uzyskano w trakcie badań.



Rys. 3. Przebieg krzywej mocy efektywnej N_e w funkcji prędkości obrotowej wału korbowego silnika badawczego



Rys. 4. Godzinowe zużycie paliwa silnika badawczego zasilanego badanymi paliwami



Rys. 5. Jednostkowe zużycie paliwa przez silnik badawczy zasilany badanymi paliwami

4. PODSUMOWANIE

Przebieg krzywej mocy silnika w funkcji prędkości obrotowej wskazuje, iż przy zasilaniu ON były osiągane jej największe wartości. Najmniejsze wartości mocy w badanych punktach pracy silnika uzyskiwane były przy zasilaniu mieszaniną 15%, przy czym dla większych prędkości obrotowych największe wartości mocy użytecznej uzyskiwane przy zasilaniu mieszaninami zarejestrowano dla paliw: OPONY 25, OPONY 10 i OPONY 20. Przy mniejszych prędkościach obrotowych różnice nie były już tak zauważalne, z wyjątkiem mieszaniny 15%, dla której zarejestrowano moc 12 kW.

Pochodną uzyskiwanych wyników krzywych mocy było jednostkowe zużycie paliwa, które najmniejsze wartości uzyskiwało dla ON, a największe dla OPONY 15.

Istotnym jest fakt, że nowy nośnik energii jakim jest syntetyczne paliwo uzyskane z opon uzyskuje się w wyniku zagospodarowania odpadów, co odpowiada tendencjom rozwojowym w zakresie ochrony środowiska w skali globalnej.

LITERATURA

- [1] Bocheński C. I., Kruczyński S. W., Orliński R., Ślęzak M.: Zeszyty Naukowe Instytutu Pojazdów Politechniki Warszawskiej, nr 3/2007.
- [2] Jakubowski M.: Parametry operacyjne i ekologiczne silnika wysokoprężnego zasilanego paliwem pochodzącym z opon. Rozprawa doktorska, Wydział Budowy Maszyn i Lotnictwa Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów 2012.
- [3] Ogden J.: Gospodarka na lekkim gazie. Świat Nauki, nr 10/2006.
- [4] Ostrowski A.: Rynek paliw płynnych i smarów w Polsce. nr 10/2010.
- [5] Pisarczyk M.: Rynek paliw w obliczu kryzysu. Nowoczesne Technologie w przemyśle, nr 3/2011.
- [6] Rynek Polskiej Nafty i Gazu, Raport Instytutu Nafty i Gazu w Krakowie, nr 6/2011.

COMPARATIVE TESTS OF OPERATIONAL PARAMETERS OF SB3.1/CR5 ENGINE POWERED BY SYNTHETIC FUEL AND DIESEL OIL

This paper presents the results of test stand investigations carried out on the engine SB3.1/CR5 powered by diesel oil and its blends with synthetic fuel derived from waste tires. The test fuel mixtures contained 5, 10, 15, 20 and 25% synthetic fuel. During the tests measured include: the force acting on the brake (determination of torque), RPM, the fuel consumption.