

Piotr HALLER
Radosław WRÓBEL
Radostin DIMITROV
Veselin MIHAYLOV

PTNSS-2013-SC-093

Introducing new engine performance lab at the Department of Motor Vehicles and Combustion Engines of Wrocław University of Technology

The Engine Test Stand is a measuring position providing wide range of features, enabling data acquisition, used to determine specific engine performance characteristics.. Chassis dynamometers are more convenient and easier to operate (engine removal from a car is not required). At the same time, precision and accuracy as well as reproducibility of measurements remain high.

Measurement lab at The Motor Vehicles and Combustion Engines Institute at Wrocław University of Technology enables sophisticated diagnosis of all types of passenger cars and motorcycles.

The station in our lab is capable of conducting the exhaust gas emission analysis of leaded petrol engines under specific load or with no load at all. In case of passenger cars equipped with a catalytic converter and lambda sensor, it is not only crucial to adjust the emission levels but also determine the lambda sensor values and oxygen content in the exhaust stream. What's more important, the measurement process can be followed online which facilitates team work and delivers substantial speed ups.

Keywords: *emission testing, emission test methods, engine test house*

Nowa pracownia badań obciążeniowych w Zakładzie Pojazdów Samochodowych i Silników Spalinowych Politechniki Wrocławskiej

Hamownia jest stacjonarnym stanowiskiem pomiarowym umożliwiającym pozyskanie niezbędnych danych do wyznaczenia charakterystyki silnika. W przeciwieństwie do hamowni silnikowych, hamownie podwoziowe są proste i szybkie w obsłudze (nie trzeba wyjmować silnika), a jednocześnie ich precyzja pomiaru parametrów pojazdu jest wysoka, podobnie jak powtarzalność przeprowadzanych testów.

Stanowisko badawcze w Zakładzie Pojazdów Samochodowych i Silników Spalinowych Politechniki Wrocławskiej oferuje za pośrednictwem swego programu do symulacji obciążeń idealną bazę do diagnostyki wszystkich typów samochodów osobowych oraz motocykli pod obciążeniem.

Możliwe jest również dokonania analizy spalin pojazdów zasilanych etyliną bez obciążenia lub pod obciążeniem. W samochodach osobowych z katalizatorem i sonda lambda ważne jest nie tylko ustawienie wartości emisyjnych, ale też określenie wartości lambda i zawartości tlenu. A co najważniejsze pomiary mogą być podglądane w trybie online, co ułatwia i przyspiesza pracę zespołową zakładu

Słowa kluczowe: *pomiary emisji, testy emisji spalin, hamownia podwoziowa*

1. Introduction

The first motor vehicle was introduced in the 19th century. Initially it aimed at helping people at work, replacing manpower and animals. Car was one of those goods beyond the reach of ordinary people, thus the number of motor vehicles was relatively small. Then, the automotive industry didn't pose any threat to the natural environment yet. Several decades later situation changed drastically. A steady growth of motor vehicles number was observed each and ever year on a global scale. In the 80's and 90's of the 20th century a massive boom of automotive industry took place. Nowadays

1. Wprowadzenie

Pierwszy pojazd samochodowy pojawił się w XIX wieku. Początkowo miał ułatwić pracę zastępując siłę ludzką i zwierzęcą, siłą mechaniczną. Samochód był dobrem nieosiągalnym dla przeciętnego obywatela, dlatego liczba pojazdów była ograniczona, a motoryzacja nie miała wyraźnego wpływu na środowisko naturalne. Kilka dziesięcioleci później sytuacja uległa diametralnej zmianie. Liczba aut rosła z roku na rok. Lata 80 i 90 dwudziestego wieku cechuje masowy rozwój motoryzacji. Dziś trudno wyobrazić sobie życie bez samochodu. Transport samochodowy to ogromne ilości

it is hard to imagine human being without motor vehicles. Local or distant cargo shipment, public transport. It means commuter traffic, short and long distance traveling of ordinary people, employment source or tourism base [2].

The greatest negative influence of motor vehicles on the natural environment has been observed in metropolitan areas. It is a direct consequence of huge traffic congestion and uneven vehicle driving at low speed. Unlike highway roads, urban architecture makes it difficult for the exhaust gasses to disperse. According to the recent estimates, over 90% of carbon dioxide, 76% of hydrocarbons, 38% of nitrogen oxides, over 70% of dust and almost 100% of lead is emitted into the atmosphere by motor vehicle traffic [1].

In accordance with Sustainable development theory the development of any area should be a balancing act between public interest, economical growth, environmental issue as well as the interest of future generations. Greenhouse gas effect as a major cause of rapid climate change and ideas of how to tackle the problem are the subject of the ongoing debate on a global scale. Our new Engine Performance Lab provides wide range of innovative features which makes us pretty competitive in the field [2].

2. Construction of the MAHA LPS 3000 test station

The chassis dynamometer consists of the following:

- Two drive rollers propelled by the vehicle wheels (Front Wheel Drive roller, Rear Wheel Drive roller and both when 4 Wheel Drive Car is tested)
- Two eddy current brakes cooled by the air, used to simulate a desired engine loads
- Hydraulic unit for the wheelbase adjustment
- Control module
- Transfer box to receive signals from the external measuring devices (oil temperature sensors, intake air temperature sensor IAT, RPM sensor)
- Pneumatic system for lifting and release of thresholds between the front and rear drive rollers
- Cooling Fan
- Exhaust gas extraction hose
- Extension tool kit for motorcycles
- Set of safety belts fastening vehicle to the dyno
- Exhaust-gas analyzer

towarów przewożonych na różne odległości, to sposób na przemieszczanie ludzi w aglomeracjach miejskich jak i też poza nimi, to niejednokrotnie źródło pracy oraz baza, na której rozwinęła się turystyka [2].

Największy wpływ motoryzacji na degradację środowiska, stwierdzono w dużych aglomeracjach miejskich. Wiąże się to z faktem istnienia dużych natężeń ruchu, częstego zatrzymywania i ruszania pojazdów, małych prędkości. W zabudowie miejskiej występują gorsze warunki rozpraszania spalin niż na drogach szybkiego ruchu. Szacuje się, że ponad 90% CO, 76% węglowodorów, 38% NOx, ponad 70% pyłów i prawie 100% ołowiu pochodzi z motoryzacji [1].

Zgodnie z ideą rozwoju zrównoważonego strategię rozwoju dowolnego obszaru powinny uwzględniać czynnik społeczny, gospodarczy i przyrodniczy oraz potrzeby przyszłych pokoleń. Kwestie ochrony przyrody, prowadzona dyskusja i spór wokół określenia przyczyn zmian klimatycznych zdominowała życie społeczne, gospodarcze i polityczne w wymiarze globalnym. Nasze nowe laboratorium ma ogromne możliwości w zakresie innowacji oraz pozwala nam na większe współzawodnictwo w rozwoju przemysłu motoryzacyjnego [2].

2. Budowa stanowiska badawczego Maha LPS 3000

W skład tego urządzenia wchodzi następujące zespoły:

- dwie osie z rolkami napędzanymi przez koła badanego samochodu (jedna do badań modeli z napędem przednim, druga dla pojazdów z napędem tylnym, obie dla napędów 4x4);
- dwa hamulce elektrowirowe chłodzone powietrzem symulujące obciążenia napędu pojazdu badanego;
- układ hydrauliczny służący do zmiany rozstawu osi rolek
- moduł sterujący;
- skrzynka przyłączeniowa do pobierania sygnałów z zewnętrznych urządzeń pomiarowych, (pomiaru temperatury oleju w silniku, pomiaru temperatury powietrza zasysanego, prędkości obrotowej silnika);
- system pneumatycznego podnoszenia i opuszczania progów przejazdowych między rolkami;
- wentylator wymuszający ruch powietrza chłodzącego;
- wyciąg spalin;
- przystawka do badania motocykli;
- komplet pasów zabezpieczających pojazd przed wyskoczeniem z rolek;
- analizator spalin



Figure 1. Maha LPS 3000 test stand

Fot. 1. Stanowisko badawcze Maha LPS 3000.

3. Chassis Dynamometer

An engine test stand is a measuring position used for data acquisition and determination of engine performance characteristics.

Whereas typical engine test benches obtain parameters in a direct way, chassis dynamometers measure performance of a vehicle tested. Based on the data collected, the evaluation of engine power and torque takes place [4]. Compared to the conventional engine test beds, dynos are more convenient in use. Mostly, due to the fact that engine removal from a car is not necessary. At the same time, precision and accuracy of measurements they offer remains high. Unlike conventional engine test bench, the chassis dynamometer doesn't obtain parameters in a direct form. On the other hand, it measures performance of each particular vehicle. Based on the data collected, the power and torque are subsequently calculated. All the data acquired is automatically calculated for normative values according to the international standards. Collected data set is automatically calculated for normative values according to the international standards.

3. Hamownia podwoziowa

Hamownia jest stacjonarnym stanowiskiem pomiarowym umożliwiającym pozyskanie niezbędnych danych do wyznaczenia charakterystyki silnika. Hamownie podwoziowe nie mierzą bezpośrednio parametrów silnika, lecz jego osiągi i dopiero na podstawie uzyskanych danych określana jest jego moc czy moment obrotowy [4]. W przeciwieństwie do hamowni silnikowych, hamownie podwoziowe są proste i szybkie w obsłudze (nie trzeba wyjmować silnika), a jednocześnie ich precyzja pomiaru parametrów pojazdu jest wysoka, podobnie jak powtarzalność przeprowadzanych testów. Podczas pomiaru mocy, hamownia daje dokładne wyniki pomiaru mocy silnika i momentu obrotowego. Hamownie podwoziowe nie mierzą bezpośrednio parametrów silnika, lecz jego osiągi i dopiero na podstawie uzyskanych danych określana jest jego moc czy moment obrotowy. Wylączenie tych wartości pomiarowych na wartości normatywne zgodne z międzynarodowymi normami przebiega automatycznie.

We are capable of performing tests of Front, Rear and 4 Wheel Drive vehicles. What's more, the device capabilities can be extended by input devices like exhaust-gas analyzer or fuel consumption meter. Our newly introduced engine performance lab enables precise simulation of real road conditions offering large number of functions.

The dyno allows simulation of various engine loads according to the desired conditions on the road. The following variants can be applied:

tractive force at a fixed rate, constant rotational speed or constant vehicle speed. The already mentioned features are suitable for engine Tune-Up procedure. The engine power measurement might be performed in a constant or discrete mode and the values obtained can be converted according to the appropriate standards: DIN 70020, EWG 80/1269, ISO 1585, JIS D 1001, SAE J 1349 [5].

Measurement lab at The Motor Vehicles and Combustion Engines Institute at Wroclaw University of Technology enables sophisticated engine diagnosis. Our station is capable of carrying out exhaust gas emission analysis of leaded petrol engines under specific load or with no load applied. In case of passenger cars featured by catalytic converter and lambda sensor, it is not only about adjusting the emission levels. Determination of lambda sensor values and oxygen content in the exhaust stream, play a key role as well. Apart from running the test, program enables saving the already performed test with a guide function in accordance with the existing regulations. Extending device capabilities by input devices like fuel consumption meter, enables the dyno implementation in industry, workshops or motorsports.

4. Test Description

Engine performance is defined by the torque and horsepower curves, determined as a function of revolutions per minute (RPM) and measured at full throttle. In other words, engine characteristic curve shows the relation between produced power N and torque M , toward angular speed n , defined as number of revolutions per minute, measured at full throttle or injection pump set up at full output. Under those circumstances we are able to determine the RPM level needed to obtain the maximum power and torque of the vehicle tested. It is easy to determine the already mentioned curves at chassis dynamometer. Power and torque characteristics provide the crucial information about so called useful RPM range (i.e. RPM range between maximum power and torque produced).

Jesteśmy w stanie sprawdzić na hamowni zarówno auta przednio napędowe, jak i z napędem tylnym oraz z napędem 4x4. Istnieje możliwość podłączenia urządzeń dodatkowych, takich jak: miernik zużycia paliwa, analizatory spalin itp.

Nasza nowa pracownia badań obciążeniowych pozwala na dokładne zasymulowanie warunków rzeczywistych panujących podczas jazdy pojazdem na drodze. Możliwości urządzenia są ogromne. Można zasymulować w zależności od potrzeb warunków drogowych różne obciążenia: stałą siłę pociągową, stałą prędkość obrotową, stałą prędkość jazdy lub symulacją jazdy. Opcje te są szczególnie przydatne przy tzw. „strojeniu” silnika. Możemy również dokonywać pomiaru mocy w trybie ciągłym lub dyskretnym, a następnie przeliczyć ją na odpowiednie normy: DIN 70020, EWG 80/1269, ISO 1585, JIS D 1001, SAE J 1349.[5].

Hamownia na Politechnice Wrocławskiej oferuje za pośrednictwem swego programu do symulacji obciążeń idealną bazę do diagnostyki pojazdu. Możliwe jest również dokonania analizy spalin pojazdów zasilanych etyliną bez obciążenia lub pod obciążeniem. W samochodach osobowych z katalizatorem i sonda lambda ważne jest nie tylko ustawienie wartości emisyjnych, ale też określenie wartości lambda i zawartości tlenu. Poza zwykłym wykonaniem badania można też zapisać ustalony przebieg badania z funkcją przewodnika, zgodnie z obowiązującymi przepisami prawnymi. Istnieje możliwość podłączenia urządzeń dodatkowych, między innymi miernika zużycia paliwa, rozszerza to zakres zastosowania na przemysł, warsztaty lub sporty motorowe.

4. Opis pomiaru

Charakterystyka zewnętrzna silnika to wykresy przebiegu momentu obrotowego i mocy silnika spalinowego przy pełnym otwarciu przepustnicy (w funkcji obrotów). Charakterystyka zewnętrzna silnika jest wykresem przedstawiającym zależności mocy N i momentu obrotowego M od prędkości obrotowej n w czasie, gdy silnik pracuje z całkowitą otwartą przepustnicą lub pompą wtryskową ustawioną na maksymalną wydajność. Obrazuje on maksymalne wartości momentu i mocy jakimi dany silnik dysponuje i przy jakich obrotach ma to miejsce. Taki wykres łatwo można uzyskać na hamowni podwoziowej. Funkcja przebiegu momentu obrotowego i mocy daje między innymi informacje o zakresie tzw. obrotów użytecznych (tzn. pomiędzy obrotami maksymalnego momentu i maksymalnej mocy).

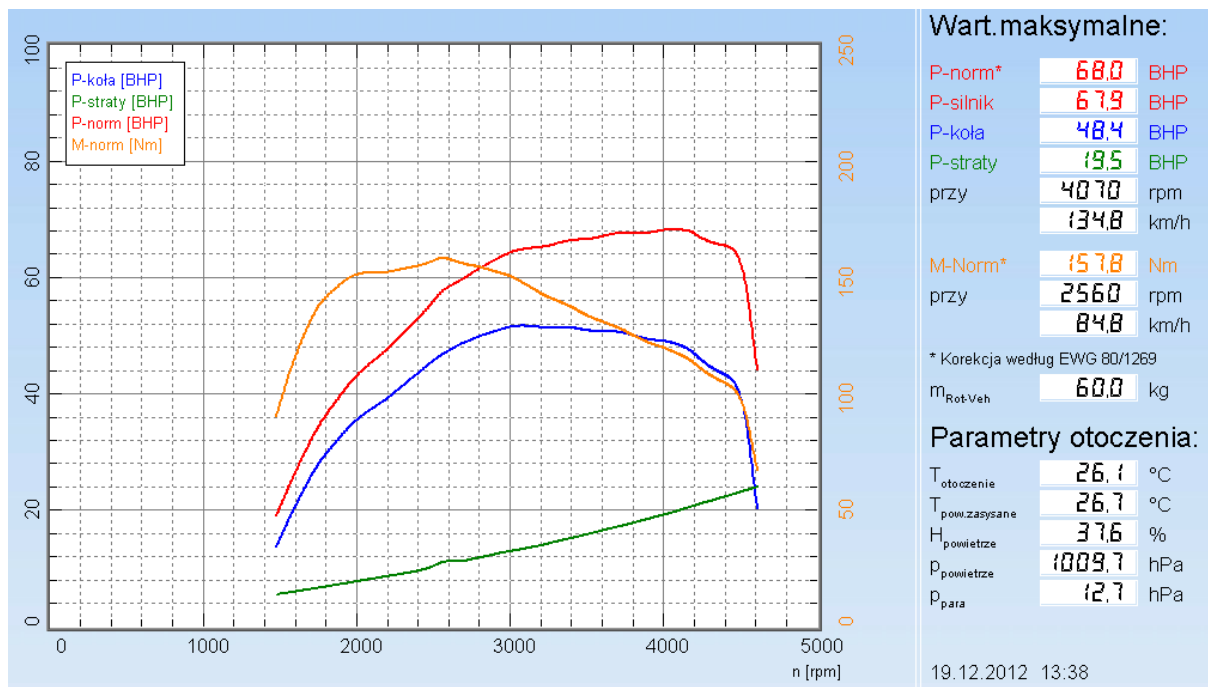


Figure 3. Power and torque of the engine itself, output measured on the wheels and loss of energy in the power transmission system as a function of RPM

Rys. 1. Moment i moc silnika, moc na kołach i straty mocy w ukl. napędowym względem obrotów silnika.

5. Influence of comfort systems on vehicle performance

Motion resistance is defined by the sum of motion resistive forces acting on a body and preventing its movement. We distinguish a frictional drag, rolling resistance, elevations or aerodynamic drag. Performance and efficiency of the power transmission system strongly depends on many technical and motion parameters. Among them, the most crucial factor seems to be the so called effective power defined by the following equation:

$$P_e = P_M - P_P - P_R$$

where:

P_e – effective power output (power on the vehicle wheels)

P_M – power of the engine itself

P_p – power supplied to the vehicle equipment devices

P_R – loss of energy in the power transmission system between engine and vehicle wheels [7].

When driving with the AC on, noticeable power drop is observed. The car clearly accelerates at lower rate. It is a common thing. In vehicles featured by diesel engine, burden caused by the AC seems to be less severe. It is due to the fact that power and torque curves are different than in petrol engines. AC works according to the very basic principle: Initially, cool-

5. Wpływ systemów komfortu jazdy na osiągi pojazdu

Oporami ruchu nazywamy wszystkie siły działające na poruszające się ciało fizyczne, które przeciwdziałają poruszaniu się tego ciała. Opory ruchu to między innymi opory tarcia, toczenia, wzniesienia i opory aerodynamiczne. Funkcjonalność eksploatacyjna układu napędowego pojazdu czy zależy od szeregu parametrów techniczno-ruchowych, a w tym w głównym stopniu od mocy efektywnej napędu, której wartość wynika z ogólnej zależności:

$$P_e = P_M - P_P - P_R$$

gdzie:

P_e – moc efektywna napędu, (moc na kołach)

P_M – moc silnika napędzającego,

P_P – moc przeznaczona do zasilania urządzeń pomocniczych (np. układu klimatyzacji),

P_R – straty mocy powstające w układzie przeniesienia napędu od silnika do koła [7].

Podczas jazdy z włączoną klimatyzacją następuje zauważalny spadek mocy. Samochód staje się odczuwalnie wolniejszy przy przyspieszaniu. To normalne zjawisko, w dieslu odczuwalne trochę mniej ponieważ silnik ma inną charakterystykę, inaczej jest poprowadzona krzywa momentu/mocy. Zasada działania klimatyzacji jest prosta: powodując sprężanie i chłodzenie cieczy w skraplaczu oraz rozpręża

ant is being compressed in the AC condenser. The following step is the gas decompression in the evaporator. In order to propel the condenser, some of the engine output is consumed [6].

We run the test on a 2001 Ford Focus, featured by 75 horsepower engine 1.8 Tddi, to investigate how much of the engine output can be consumed by the AC condenser while running. In our case, the AC burden on the vehicle output amounted to 4.2 horsepower. In conclusion, the power losses observed are not significant, despite this fact, the AC influence on fuel consumption would easily be noticed. The subject of our test was 1.8 liter supercharged diesel engine. In petrol engine vehicles, especially those featured by low capacity motors, the AC burden will be more severe.

nie w parowniku otrzymujemy system chłodzący. W trakcie swojego działania sprężarka klimatyzacji zużywa część mocy silnika [6].

Ile dokładnie klimatyzacja zużywa mocy postanowiliśmy sprawdzić na samochodzie marki Ford Focus z 2001 roku z silnikiem 1.8 TDDI o mocy fabrycznej 75 koni mechanicznych. W tym przypadku układ klimatyzacji spowodował spadek mocy silnika o 4,2 KM. Można uznać, że są to niewielkie straty, mimo to zużycie paliwa podczas jazdy z włączoną klimatyzacją będzie odczuwalne. Badany pojazd był wyposażony w doładowany silnik wysokoprężny o pojemności 1800 cm³. W samochodach z silnikami benzynowymi, szczególnie małolitrażowymi spadek mocy będzie bardziej zauważalny.



Figure 4. Vehicle tested
Fot. 3. Badany pojazd.

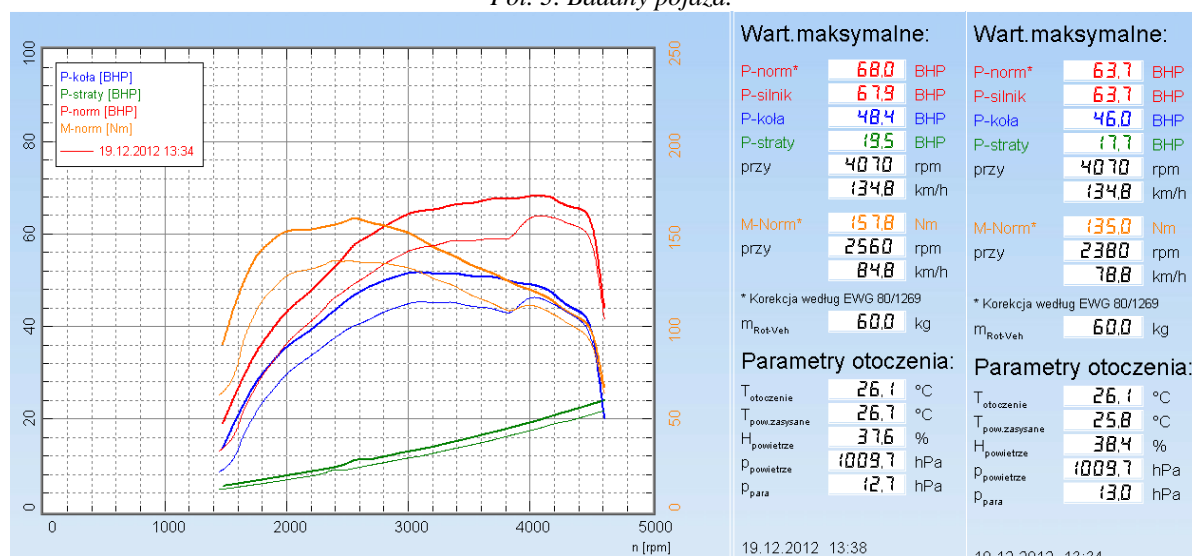


Figure 4. Comparison of engine output with the AC system on/off.

Rys. 2. Porównanie mocy przykładowego pojazdu z włączonym i z wyłączonym ukl. klimatyzacji.

6. Conclusions

On 11th of July 2012, a matter of successive carbon dioxide emission curbing in newly produced passenger cars and low weight cargo vehicles until the year of 2020, has been brought to the table by the European Commission. The measures undertaken will lower the emission in newly manufactured passenger cars to the level of 95 g of CO₂ / km. The goal is not only environment protection, but also saving consumer's money, prompting innovation and increase of competitiveness of the European Automotive Industry[3].

Automotive air conditioning systems are very useful while driving a car on a hot day. Indeed, some drivers point out disadvantage of higher fuel consumption, but, under specific circumstances, driving a car with windows wide open increases the fuel consumption more than the AC itself. It is all about driving speed. In a city traffic, at low speeds, driver moves unevenly, stops and starts at lights or simply gets stacked in a traffic jam, then driving with windows wide open turns out to be more efficient. However, at higher speeds, more than 70 km/h, it is more reasonable to use the air conditioning system instead. Apart from using the AC in an optimal way, each driver should park in shaded places, use sun shade screens, or, if the circumstances allow, leave the windows open whenever car is parked.

Bibliography/Literatura

1. Chłopek Z.: Pojazdy samochodowe. Ochrona środowiska naturalnego; WKiŁ, Warszawa 2002
2. Kowalczyk A.: Turystyka zrównoważona; PWN, Warszawa, 2010
3. http://europa.eu/rapid/press-release_IP-12-771_pl.htmhttp://europa.eu/rapid/press-release_IP-12-771_pl.htm

Mr. Radoslaw Wrobel, DEng. – doctor in the Faculty of Mechanical Engineering at Wrocław University of Technology.

Dr inż. Radosław Wróbel – adiunkt na Wydziale Mechanicznym Politechniki Wrocławskiej.



Mr. Piotr Haller, MEng. – post-graduated student at the Faculty of Mechanical Engineering at Wrocław University of Technology.

Mgr inż. Piotr Haller – doktorant na Wydziale Mechanicznym Politechniki Wrocławskiej.



6. Podsumowanie

W dniu 11 lipca 2012 Komisja Europejska przedstawiła wnioski zmierzające do realizacji celów, które pozwolą na dalsze ograniczenie emisji dwutlenku węgla (CO₂) z nowych samochodów osobowych i lekkich pojazdów dostawczych do roku 2020. Doprowadzi to do ograniczenia średniego poziomu emisji z nowych samochodów osobowych do 95 g CO₂/km w roku 2020. Ma to na celu nie tylko chronić klimat, ale także oszczędzać pieniądze konsumentów, jak również pobudzać innowacje i konkurencyjność w europejskim przemyśle motoryzacyjnym [3].

Klimatyzacja w samochodzie znacznie ułatwia podróże w upalne dni. Choć część kierowców za jej wadę uznaje zwiększone zużycie paliwa, to w określonych warunkach jazda z włączoną klimatyzacją jest bardziej ekonomiczna niż podróż samochodem z opuszczonymi szybami. Wszystko zależy od tego z jaką prędkością jedzie samochód. Gdy kierowca porusza się w ruchu miejskim, często zwalnia, zatrzymuje się na światłach lub stoi w korku, wówczas bardziej ekonomiczna jest jazda z opuszczonymi szybami, jednak jadąc powyżej 70 km/h bardziej opłaca się włączyć klimatyzację. Oprócz optymalnego korzystania z klimatyzacji, kierowcy powinni również parkować w zacienionych miejscach, stosować ekrany odbijające promieniowanie na szybach lub, jeśli możliwe, w słoneczne dni pozostawiać otwarte okna pojazdu.

4. <http://vtechdyno.eu/teoria.html>
5. Strona domowa firmy Maha. <http://maha.pl>
6. Kwaśniewski S.: Ogrzewanie, wentylacja i klimatyzacja w pojazdach mechanicznych; Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 1995
7. Prochowski L.: Mechanika ruchu; WKiŁ, Warszawa 2008

Mr. Veselin Mihaylov, MEng. – post-graduated student at the Faculty of Mechanical Engineering at Varna University of Technology.

Mgr inż. Veselin Mihaylov – doktorant na Wydziale Mechanicznym Uniwersytetu Technicznego w Warnie.



Mr. Radostin Dimitrov, MEng. – post-graduated student at the Faculty of Mechanical Engineering at Varna University of Technology.

Mgr inż. Radostin Dimitrov – doktorant na Wydziale Mechanicznym Uniwersytetu Technicznego w Warnie.

