

BADANIA PORÓWNAWCZE MOCY SILNIKA NA HAMOWNI PODWOZIOWEJ

BALAWENDER Krzysztof, dr inż., Politechnika Rzeszowska, Rzeszów, Polska
JAKUBOWSKI Mirosław, dr inż., Politechnika Rzeszowska, Rzeszów, Polska
JAREMCIO Mirosław, mgr inż., Politechnika Rzeszowska, Rzeszów, Polska
JAWORSKI Artur, dr inż., Politechnika Rzeszowska, Rzeszów, Polska
KRZEMIŃSKI Artur, dr inż., Politechnika Rzeszowska, Rzeszów, Polska
KUSZEWSKI Hubert, dr inż., Politechnika Rzeszowska, Rzeszów, Polska
USTRZYCKI Adam, dr inż., Politechnika Rzeszowska, Rzeszów, Polska
WOŚ Paweł, dr inż., Politechnika Rzeszowska, Rzeszów, Polska

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ПОТУЖНОСТІ ДВИГУНА НА ДИНАМОМЕТРИЧНОМУ СТЕНДІ

БАЛЯВЕНДЕР Кшиштоф, Доктор інженер, Жешовська Політехніка, Жешув, Польща
ЯКУБОВСКИ Мирослав, Доктор інженер, Жешовська Політехніка, Жешув, Польща
ЯРЕМЦЬО Мирослав, Магістр інженер, Жешовська Політехніка, Жешув, Польща
ЯВОРСКИ Артур, Доктор інженер, Жешовська Політехніка, Жешув, Польща
КШЕМІНЬСКИ Артур, Доктор інженер, Жешовська Політехніка, Жешув, Польща
КУШЕВСКИ Губерт, Доктор інженер, Жешовська Політехніка, Жешув, Польща
УСТШИЦКИ Адам, Доктор інженер, Жешовська Політехніка, Жешув, Польща
ВОС Павел, Доктор інженер, Жешовська Політехніка, Жешув, Польща

COMPARISON RESEARCH OF ENGINE POWER ON THE CHASSIS DYNAMOMETER

BALAWENDER Krzysztof, PhD., Rzeszow University of Technology, Rzeszow, Poland
JAKUBOWSKI Mirosław, PhD., Rzeszow University of Technology, Rzeszow, Poland
JAREMCIO Mirosław, Master engineer, Rzeszow University of Technology, Rzeszow, Poland
JAWORSKI Arthur, PhD., Rzeszow University of Technology, Rzeszow, Poland
KRZEMIŃSKI Arthur, PhD., Rzeszow University of Technology, Rzeszow, Poland
KUSZEWSKI Hubert, PhD., Rzeszow University of Technology, Rzeszow, Poland
USTRZYCKI Adam, PhD., Rzeszow University of Technology, Rzeszow, Poland
WOS Paweł, PhD., Rzeszow University of Technology, Rzeszow, Poland

Wprowadzenie. Pomiar mocy trakcyjnych silników spalinowych mogą być realizowane na hamowniach podwoziowych w warunkach dynamicznych oraz w warunkach statycznych. Test dynamiczny realizowany jest w warunkach rozpędzania na danym biegu, podczas którego mierzone są w sposób ciągły wartości przyspieszenia w funkcji prędkości jazdy, natomiast moc na kołach określona jest wzorem:

$$P = R_w \cdot a \cdot v \quad (1)$$

gdzie:

- P - moc [W],
- R_w - masa referencyjna [kg],
- a - przyspieszenie [m/s^2],
- v - prędkość [m/s].

Test statyczny przeprowadza się w trybie ustalonych prędkości jazdy, w których wyznaczana jest moc na kołach, zgodnie z równaniem:

$$P = F \cdot v \quad (2)$$

gdzie:

- P - moc [W],
- F - siła napędowa [N],
- v - prędkość [m/s].

Po osiągnięciu prędkości maksymalnej, przyjętej dla testów, mierzone są straty w układzie napędowym samochodu metodą wybiegu.

Zamierzeniem Autorów było porównanie wyników badań uzyskiwanych w obu próbach.

Opis badań. Badania realizowano na hamowni podwoziowej firmy AVL-Zoellner ROADSIM 48^o, której podstawowe dane techniczne zestawiono w tabeli 1. Widok badanego samochodu na stanowisku hamowni podwoziowej przedstawiono na rys. 1, natomiast widok sterowni na rys. 2.



Rys. 1. Widok samochodu na stanowisku hamowni podwoziowej z wentylatorem chłodzącym umieszczonym przed samochodem



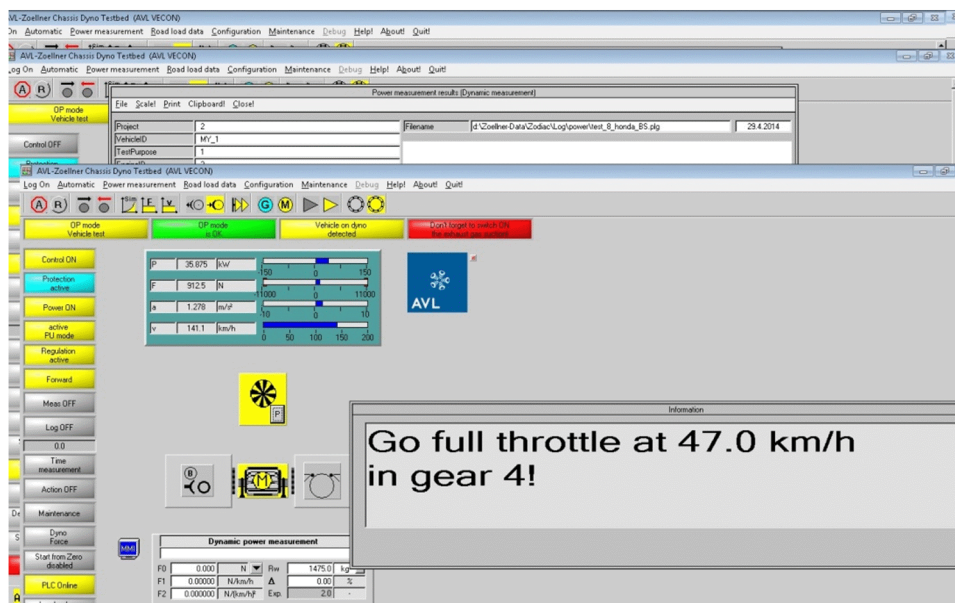
Rys. 2. Widok sterowni z komputerami sterującymi pracą hamowni podwoziowej

Tabela 1. Podstawowe dane techniczne hamowni podwoziowej AVL- ROADSIM 48” [1]

Analizowana wielkość	Wartość
Wymiary (Długość/Szerokość/Wysokość)	3600 mm / 1600 mm / 1300 mm
Średnica rolki	1219,2 mm
Masa rolki	765 kg
Moc nominalna	153 kW
Moc chwilowa	258 kW
Prędkość maksymalna	200 km/h
Masa symulowana	454 kg ÷ 2722 kg
Maksymalna siła napędowa ciągła	5987 N
Maksymalna siła napędowa chwilowa	10096 N
Błąd pomiaru siły napędowej	≤0,1 %
Błąd pomiaru prędkości	≤0,02 km/h
Błąd pomiaru drogi	0,001 %/m
Maksymalne obciążenie osi	2000 kg

Procedura badań dynamicznych obejmuje następujące fazy [2]:

- 1) wprowadzenie parametrów dotyczących warunków realizacji testu: temperatura otoczenia, ciśnienie otoczenia, wilgotność powietrza, prędkość początkowa, prędkość końcowa,
- 2) wprowadzenie parametrów badanego samochodu: przełożenie w układzie napędowym, obwód opony, masa samochodu,
- 3) uruchomienie testu, kierowca zwiększa prędkość do osiągnięcia jej wartości niższej od przyjętej prędkości początkowej testu na ustalonym biegu, i następnie wciska do maksimum pedal przyspieszenia (system mierzy siłę napędową, prędkość i przyspieszenie – rys. 3),
- 4) po osiągnięciu założonej maksymalnej prędkości kierowca wyłącza sprzęgło, ustawia dźwignię zmiany biegów w położenie neutralne i dokonuje się pomiaru strat w układzie napędowym metodą wybiegu (rys.4),
- 5) po wyznaczeniu przez system strat w układzie napędowym, następuje zahamowanie kół do zatrzymania i test jest zakończony.

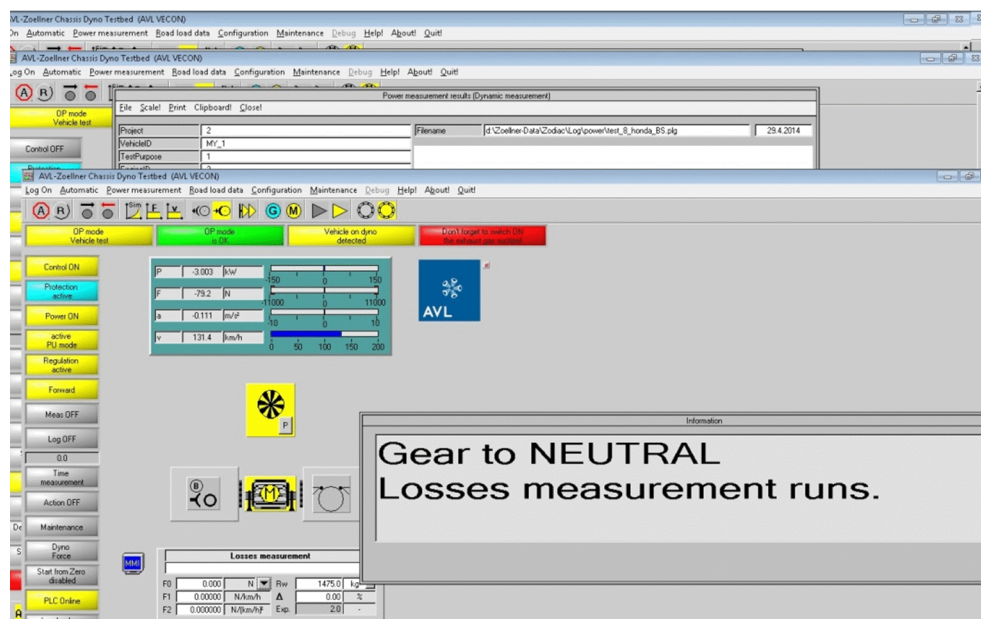


Rys. 3. Widok okna programu do sterowania pracą hamowni podwoziowej – zwiększanie prędkości jazdy do prędkości początkowej testu

Procedura badań statycznych obejmuje następujące fazy:

- 1) wprowadzenie parametrów dotyczących warunków realizacji testu: temperatura otoczenia, ciśnienie otoczenia, wilgotność powietrza, prędkość początkowa, kolejne prędkości, przy których mierzona będzie moc, prędkość końcowa,
- 2) wprowadzenie parametrów badanego samochodu: przełożenie w układzie napędowym, obwód opony, masa samochodu,

- 3) uruchomienie testu, kierowca zwiększa prędkość do osiągnięcia jej wartości niższej od przyjętej prędkości początkowej testu na ustalonym biegu, i następnie wciska do maksimum pedał przyspieszenia (dla ustalonych wartości prędkości jazdy system mierzy siłę napędową, prędkość i przyspieszenie – utrzymywanie stałych wartości prędkości realizowane jest przez obciążanie kół napędowych momentem hamującym silnika-generatora hamowni),
- 4) po pomiarach dla założonej maksymalnej prędkości, kierowca wyłącza sprzęgło, ustawia dźwignię zmiany biegów w położenie neutralne i dokonuje się pomiaru strat w układzie napędowym metodą wybiegu,
- 5) po wyznaczeniu przez system strat w układzie napędowym, następuje zahamowanie kół do zatrzymania i test jest zakończony.



Rys. 4. Widok okna programu do sterowania pracą hamowni podwoziowej – pomiar strat

Badania samochodu przeprowadzono na 3, 4 i 5 biegu w zakresie prędkości jazdy od 50-120 km/h. Podczas prób dynamicznych dokonywano pomiarów w przyjętym zakresie prędkości z krokiem 10 km/h.

Podczas badań mierzono następujące parametry:

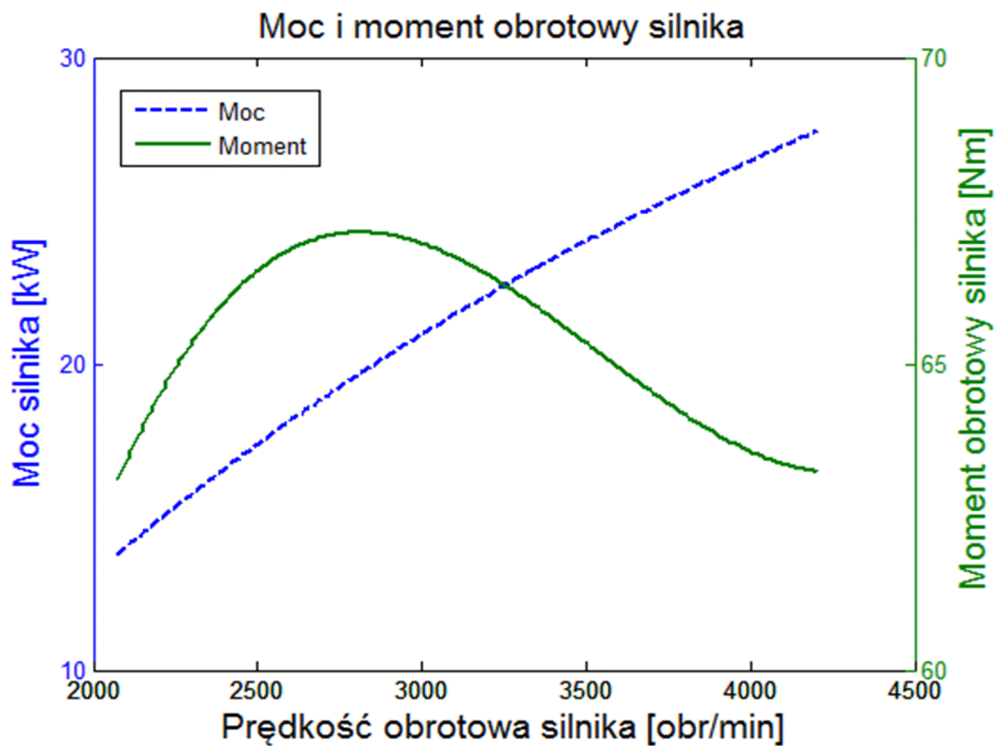
- prędkość v [km/h],
- siłę napędową F [N],
- przyspieszenie a [m/s^2].

Na podstawie zmierzonych wartości siły napędowej, prędkości i przyspieszenia, uzyskiwano obliczone wielkości, takie jak:

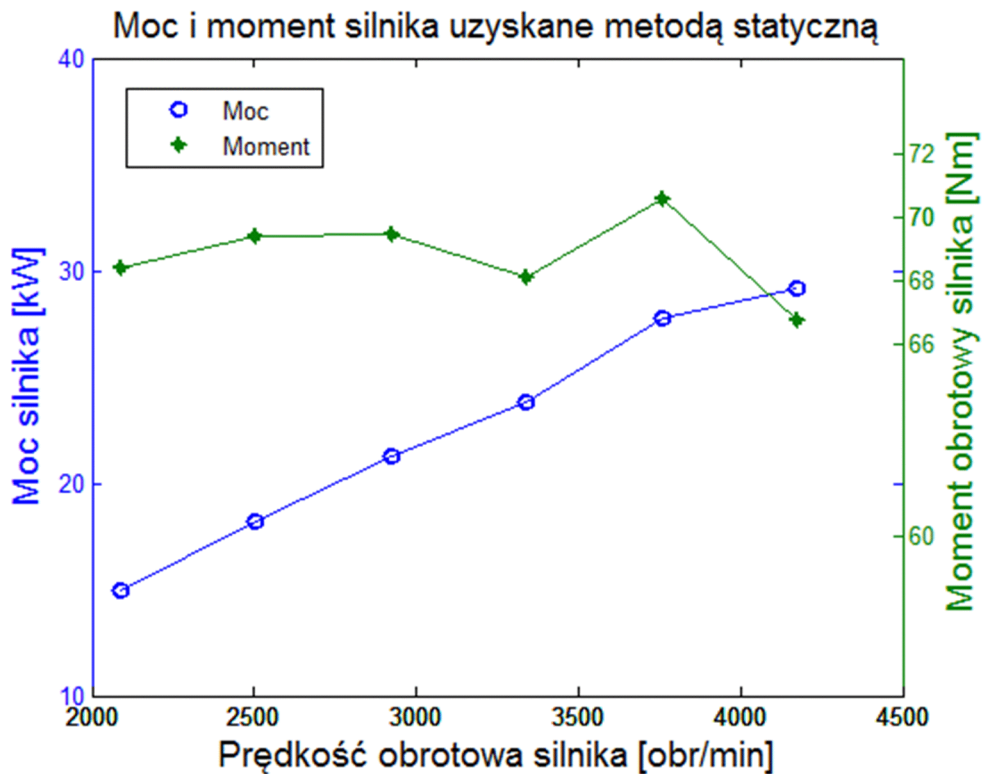
- prędkość obrotowa silnika n [obr/min],
- moment obliczeniowy M [Nm],
- moment na kołach M_{tyre} [Nm],
- moment silnika M_{motor} [Nm],
- moment strat M_{loss} [Nm],
- moment korygowany M_{norm} [Nm],
- moc obliczeniowa P_{meas} [W],
- moc na kołach P_{tyre} [W],
- moc silnika P_{motor} [W],
- moc strat P_{loss} [W],
- moc korygowana P_{norm} [W].

Wyniki badań. Na rys. 5÷8 przedstawiono wybrane wyniki badań. Rys. 5 ilustruje przebieg mocy i momentu obrotowego silnika uzyskane w próbie dynamicznej przeprowadzonej przy rozpędzaniu na 4 biegu. Na rys. 6 zestawiono porównanie wartości mocy oraz momentu obrotowego niekorygowanego wyznaczone w metodzie statycznej na 4 biegu. Porównanie wyników badań mocy niekorygowanej i momentu obrotowego silnika wyznaczonej w próbie dynamicznej oraz statycznej ilustruje rys. 7. Parametry otoczenia zmierzone na początku prób były następujące:

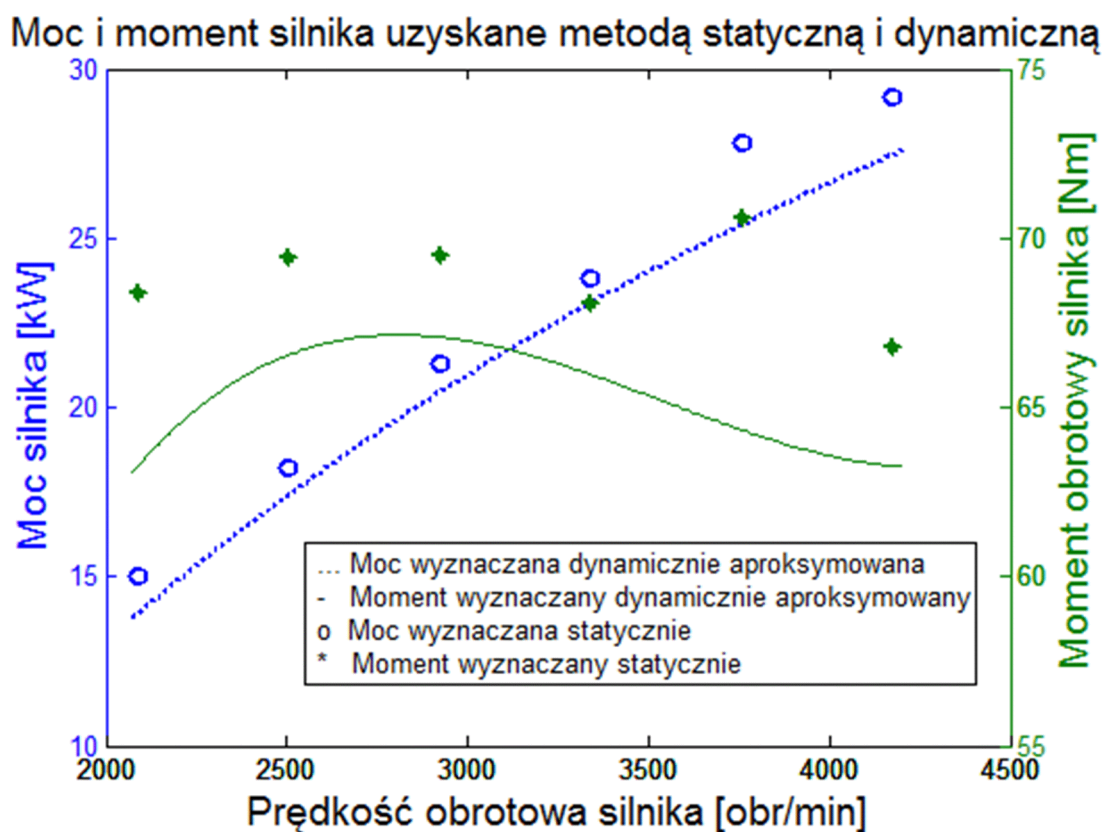
- dla próby dynamicznej: temperatura otoczenia $T_0=26^\circ\text{C}$, ciśnienie otoczenia $p_0=989\text{ hPa}$, wilgotność powietrza $\psi=36,7\%$,
- dla próby statycznej: temperatura otoczenia $T_0=27^\circ\text{C}$, ciśnienie otoczenia $p_0=985\text{ hPa}$, wilgotność powietrza $\psi=25\%$.



Rys. 5. Wartości zmierzonych niekorygowanych mocy i momentu obrotowego silnika podczas testu dynamicznego



Rys. 6. Wartości zmierzonych niekorygowanych mocy i momentu obrotowego silnika podczas testu statycznego



Rys.7. Wartości niekorygowanych mocy i momentu obrotowego silnika uzyskane podczas testu dynamicznego

Wnioski. Na podstawie analizy wyników przeprowadzonych badań można sformułować następujące wnioski:

- 1) Wyniki badań wykazały, że podczas testów dynamicznych wartości mocy są niższe niż podczas badań statycznych.
- 2) Próba dynamiczna jest wykonywana w krótszym czasie oraz bez obciążenia silnika hamowni podwoziowej, a także przy krótszym czasie obciążeniu silnika i układu napędowego samochodu.
- 3) W teście dynamicznym silnik nie pracuje w warunkach ustalonych, zbliżonych do warunków podczas jazdy na drodze rzeczywistej. Efektem tego są wartości mocy i momentu obrotowego o kilka procent niższe niż dla testu statycznego, który zbliżony jest do pomiarów mocy silnika na stanowisku badawczym hamowni silnikowej.

LITERATURA

- [1] AVL ROADSIM 48” User’s Guide. 2014.
- [2] Power Measurement. MMI. AVL 2014.

STRESZCZENIE

BALAWENDER Krzysztof. Badania porównawcze mocy silnika na hamowni podwoziowej/BALAWENDER Krzysztof, JAKUBOWSKI Mirosław, JAREMCIO Mirosław, JAWORSKI Artur, KRZEMIŃSKI Artur, KUSZEWSKI Hubert, USTRZYCKI Adam, WOŚ Paweł // Wisnyk Narodowego Uniwersytetu Transportu. – K. : NUT, 2014. – № 30.

W artykule przedstawiono metodykę oraz przykładowe wyniki badań mocy silników samochodów osobowych na hamowni podwoziowej. Celem badań była ocena porównawcza wyników badań mocy realizowanych według procedur testu dynamicznego i statycznego. Do badań użyto hamowni podwoziowej firmy AVL-Zoellner.

РЕФЕРАТ

БАЛЯВЕНДЕР Кшиштоф. Порівняльний аналіз потужності двигуна на тяговому стенді / БАЛЯВЕНДЕР Кшиштоф, ЯКУБОВСКИ Мирослав, ЯРЕМЦЬО Мирослав, ЯВОРСКИ Артур, КШЕМІНЬСКИ Артур, КУШЕВСКИ Губерт, УСТШИЦКИ Адам, ВОС Павел // Вісник Національного транспортного університету. – К. : НТУ, 2014. - Вип. 30.

У статті представлено методику, а також результати розрахунку значень потужності автомобільних двигунів на гальмівному стенді. Метою дослідження була порівняльна оцінка результатів розрахунку значень потужності, на підставі динамічного та статичного досліджень. Дослідження проводилися на гальмівному стенді компанії AVL-Zoellner.

SUMMARY

BALAWENDER Krzysztof. Comparison research of engine power on the chassis dynamometer / BALAWENDER Krzysztof, JAKUBOWSKI Mirosław, JAREMCIO Mirosław, JAWORSKI Arthur, KUSZEWSKI Hubert, USTRZYCKI Adam, WOS Paweł // Visnyk of the National Transport University. - К.: NTU, 2014. - № 30.

The paper presents the methodology and sample results of engine power measured on a chassis dynamometer. The aim of the study was to comparison of the engine power results of research realized due-to the procedures of dynamic and static test. For the study a chassis dynamometer AVL-Zoellner was used.

AUTORZY:

BALAWENDER Krzysztof, dr inż., Politechnika Rzeszowska, Katedra Silników Spalinowych i Transportu, Al. Powstańców Warszawy 12, tel.: +48 17 865 1100, 35-959, Rzeszów, Polska

JAKUBOWSKI Mirosław, dr inż., Politechnika Rzeszowska, Katedra Silników Spalinowych i Transportu, Al. Powstańców Warszawy 12, tel.: +48 17 865 1100, 35-959, Rzeszów, Polska

JAREMCIO Mirosław, mgr inż., Politechnika Rzeszowska, Katedra Silników Spalinowych i Transportu, Al. Powstańców Warszawy 12, tel.: +48 17 865 1100, 35-959, Rzeszów, Polska

JAWORSKI Artur, dr inż., Politechnika Rzeszowska, Katedra Silników Spalinowych i Transportu, Al. Powstańców Warszawy 12, tel.: +48 17 865 1100, 35-959, Rzeszów, Polska

KRZEMIŃSKI Artur, dr inż., Politechnika Rzeszowska, Katedra Silników Spalinowych i Transportu, Al. Powstańców Warszawy 12, tel.: +48 17 865 1100, 35-959, Rzeszów, Polska

KUSZEWSKI Hubert, dr inż., Politechnika Rzeszowska, Katedra Silników Spalinowych i Transportu, Al. Powstańców Warszawy 12, tel.: +48 17 865 1100, 35-959, Rzeszów, Polska

USTRZYCKI Adam, dr inż., Politechnika Rzeszowska, Katedra Silników Spalinowych i Transportu, Al. Powstańców Warszawy 12, tel.: +48 17 865 1100, 35-959, Rzeszów, Polska

WOS Paweł, dr inż., Politechnika Rzeszowska, Katedra Silników Spalinowych i Transportu, Al. Powstańców Warszawy 12, tel.: +48 17 865 1100, 35-959, Rzeszów, Polska

АВТОРИ:

БАЛЯВЕНДЕР Кшиштоф, Доктор інженер, Жешовська Політехніка, Кафедра двигунів внутрішнього згорання і транспорту, Бульвар Повстанців Варшави 12, tel.: +48 17 865 1100, 35-959, Жешув, Польща

ЯКУБОВСКИ Мирослав, Доктор інженер, Жешовська Політехніка, Кафедра двигунів внутрішнього згорання і транспорту, Бульвар Повстанців Варшави 12, tel.: +48 17 865 1100, 35-959, Жешув, Польща

ЯРЕМЦЬО Мирослав, Магістр інженер, Жешовська Політехніка, Кафедра двигунів внутрішнього згорання і транспорту, Бульвар Повстанців Варшави 12, tel.: +48 17 865 1100, 35-959, Жешув, Польща

ЯВОРСКИ Артур, Доктор інженер, Жешовська Політехніка, Кафедра двигунів внутрішнього згорання і транспорту, Бульвар Повстанців Варшави 12, tel.: +48 17 865 1100, 35-959, Жешув, Польща

КШЕМІНЬСКИ Артур, Доктор інженер, Жешовська Політехніка, Кафедра двигунів внутрішнього згорання і транспорту, Бульвар Повстанців Варшави 12, tel.: +48 17 865 1100, 35-959, Жешув, Польща

КУШЕВСКИ Губерт, Доктор інженер, Жешовська Політехніка, Кафедра двигунів внутрішнього згорання і транспорту, Бульвар Повстанців Варшави 12, tel.: +48 17 865 1100, 35-959, Жешув, Польща

УСТШИЦКИ Адам, Доктор інженер, Жешовська Політехніка, Кафедра двигунів внутрішнього згорання і транспорту, Бульвар Повстанців Варшави 12, tel.: +48 17 865 1100, 35-959, Жешув, Польща

ВОС Павел, Доктор інженер, Жешовська Політехніка, Кафедра двигунів внутрішнього згорання і транспорту, Бульвар Повстанців Варшави 12, tel.: +48 17 865 1100, 35-959, Жешув, Польща

AUTHORS:

BALAWENDER Krzysztof, PhD., Rzeszow University of Technology, Department of Internal Combustion Engines and Transport, Warsaw Insurgents Boulevard 12, tel.: +48 17 865 1100, 35-959, Rzeszow, Poland

JAKUBOWSKI Mirosław, PhD., Rzeszow University of Technology, Department of Internal Combustion Engines and Transport, Warsaw Insurgents Boulevard 12, tel.: +48 17 865 1100, 35-959, Rzeszow, Poland

JAREMCIO Mirosław, Master engineer, Rzeszow University of Technology, Department of Internal Combustion Engines and Transport, Warsaw Insurgents Boulevard 12, tel.: +48 17 865 1100, 35-959, Rzeszow, Poland

JAWORSKI Arthur, PhD., Rzeszow University of Technology, Department of Internal Combustion Engines and Transport, Warsaw Insurgents Boulevard 12, tel.: +48 17 865 1100, 35-959, Rzeszow, Poland

KRZEMINSKI Arthur, PhD., Rzeszow University of Technology, Department of Internal Combustion Engines and Transport, Warsaw Insurgents Boulevard 12, tel.: +48 17 865 1100, 35-959, Rzeszow, Poland

KUSZEWSKI Hubert, PhD., Rzeszow University of Technology, Department of Internal Combustion Engines and Transport, Warsaw Insurgents Boulevard 12, tel.: +48 17 865 1100, 35-959, Rzeszow, Poland

USTRZYCKI Adam, PhD., Rzeszow University of Technology, Department of Internal Combustion Engines and Transport, Warsaw Insurgents Boulevard 12, tel.: +48 17 865 1100, 35-959, Rzeszow, Poland

WOS Paweł, PhD., Rzeszow University of Technology, Department of Internal Combustion Engines and Transport, Warsaw Insurgents Boulevard 12, tel.: +48 17 865 1100, 35-959, Rzeszow, Poland

РЕЦЕНЗЕНТИ:

ЛЕЙДА Казімеж, доктор габілітований, професор, Жешовська Політехніка, завідувач кафедри двигунів внутрішнього згорання і транспорту, Жешув, Польща.

Гутаревич Ю.Ф., доктор технічних наук, професор, Національний Транспортний Університет, завідувач кафедри двигунів і теплотехніки, Київ, Україна.

REVIEWERS:

LEJDA Kazimierz, Doctor of Sciences, Professor, Rzeszow Polytechnic, Head of Department of Internal Combustion Engines and Transport, Rzeszow, Poland.

Gutarevych Y.F., Doctor of Sciences, Professor, National Transport University, Head of Department of Engines and Heating Engineering, Kyiv, Ukraine.