

Andrzej Szczotka, Bartosz Puchałka, Piotr Bielaczyc, Borys Adamiak

Wpływ regulacji hamowni podwoziowej na wyniki emisji związków szkodliwych spalin

JEL: L62 DOI: 10.24136/atest.2019.164

Data zgłoszenia: 05.04.2019 Data akceptacji: 26.06.2019

Pomiary emisji związków szkodliwych spalin podczas testów na hamowni podwoziowej są jednymi z najistotniejszych i najbardziej skomplikowanych badań, jakim są poddawane pojazdy napędzane silnikami spalinowymi. Podczas pomiarów emisji spalin należy zwracać baczną uwagę na wiele czynników, wpływających na prawidłowość otrzymywanych wyników. W artykule omówiony został wpływ regulacji hamowni podwoziowej wykorzystywanej do wykonywania pomiarów emisji związków szkodliwych spalin oraz zużycia paliwa.

Słowa kluczowe: hamownia podwoziowa, emisja spalin, silniki spalinowe.

Wstęp

Przez wiele lat rozwoju motoryzacji w ogóle nie zwracano uwagi na zużycie paliwa, a tym bardziej na toksyczność spalin emitowanych przez silniki samochodowe. Zainteresowanie pierwszym z tych problemów wzbudziły wojny i kryzysy naftowe. Trudności z zaopatrzeniem w benzynę lub olej napędowy uniemożliwiały wówczas całkowicie korzystanie z pojazdów mechanicznych lub przynajmniej utrudniały ich eksploatację.

Ze szkodliwości emitowanych do atmosfery gazów spalinowych zaczęto zdawać sobie sprawę dopiero wówczas, gdy skojarzono powstawanie zjawiska smogu nad wielkimi miastami z rosnącym natężeniem ruchu kołowego. Początkowo dostrzegano zresztą głównie pogorszenie widoczności i przykry zapach, nie zdając sobie dostatecznie sprawy z jego wpływu na zdrowie. Na szerszą skalę efekt smogu zaobserwowano po raz pierwszy na przełomie lat 40-tych i 50-tych w Los Angeles. Przyczyną były lokalne warunki klimatyczne i geograficzne (położenie w kotlinie, duże nasłonecznienie i wysoka temperatura) w połączeniu z dużą liczbą używanych codziennie samochodów. Toteż w drugiej połowie lat 60-tych, właśnie w Kalifornii, staraniem tamtejszej stanowej Rady ds. Zasobów Powietrza (CARB - California Air Resources Board), wprowadzono przepisy, regulujące zawartość szkodliwych substancji w spalinach. Normy te z biegiem lat systematycznie precyzowano i zaostrzano, rozszerzając między innymi ich zakres obowiązywania nie tylko na samochody nowe, ale także po określonym przebiegu.

Warto zwrócić uwagę, że to właśnie coraz surowsze regulacje prawne wymuszały na przemyśle motoryzacyjnym doskonalenie konstrukcji silników (np. dostosowanie ich do spalania ubogich mieszanek, zastąpienie gaźnikowych układów zasilania elektronicznie sterowanymi systemami wtrysku paliwa, wprowadzenie recykulacji spalin) i rozwój układów oczyszczania wydalanych do atmosfery spalin (wprowadzenie w połowie lat 70-tych utleniających reaktorów katalitycznych, a na początku lat 80-tych tryfunkcyjnych, współpracujących z sondą lambda, następnie wprowadzenie filtrów cząstek stałych oraz reaktorów katalitycznych redukujących tlenki azotu w samochodach z silnikami o zapłonie samoczynnym).

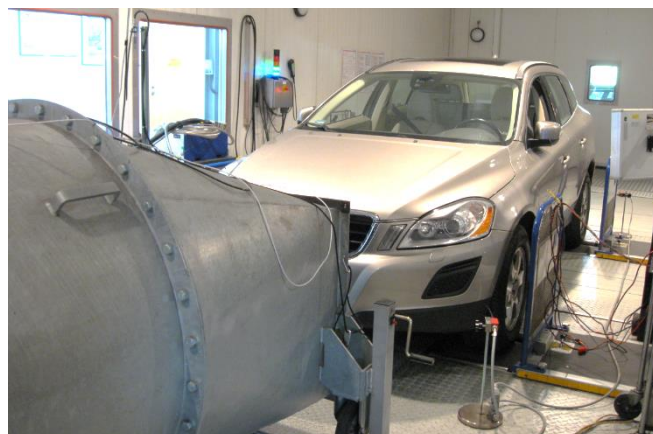
W ślad za USA poszły w latach 70-tych kraje europejskie i Japonia, opracowując własne limity i procedury badawcze. Inne państwa przejmowały tamtejsze normy, np. Australia, Kanada, Nowa

Zelandia i większość krajów Ameryki Łacińskiej stosują procedury amerykańskie, Afryka Południowa i niektóre kraje Azji - europejskie. W Stanach Zjednoczonych wprowadzono ponadto dodatkowy test w wysokiej temperaturze oraz testy uwzględniające dynamiczny styl jazdy kierowcy. W ostatnich latach większy nacisk kładzie się na emisję CO₂ (zużycie paliwa), z racji jego wpływu na efekt cieplarniany, powodujący podwyższenie średniej temperatury na kuli ziemskiej i zmiany klimatyczne. Z pomiarem emisji związków szkodliwych spalin nierozzerwalnie wiążą się dziś pomiary zużycia paliwa. Pozostaje ono bowiem w ścisłym związku z poziomem emisji, warunkując go pod względem ilościowym (więcej spalonego paliwa to więcej zatruwających środowisko spalin).

Ciągły rozwój przepisów dotyczących jakości powietrza i emisji związków szkodliwych spalin występujących w ostatnich latach zmusza producentów samochodów do dalszego usprawniania konstrukcji samochodowych układów obniżania emisji [1-3]. Z drugiej strony, ponieważ stężenie poszczególnych składników szkodliwych w gazach spalinowych w nowoczesnych samochodach jest coraz mniejsze, niezbędny jest rozwój metod pomiarowych pozwalających na pomiar tej emisji z możliwie małą niepewnością [4-14].

Badania emisji spalin samochodów o dopuszczalnej masie całkowitej poniżej 3500 kg wykonuje się w laboratorium badania emisji spalin (rys. 1 i 2) na hamowni podwoziowej, inaczej nazywanej rolkowym stanowiskiem dynamometrycznym, odwzorowującym rzeczywiste opory jazdy (toczenia, aerodynamiczne i bezwładność pojazdu) [15-18]. Hamownia podwoziowa jest urządzeniem, które odtwarza warunki ruchu na drodze rzeczywistej dla układu napędowego badanego pojazdu w warunkach laboratoryjnych.

Badanie polegające na analizie spalin (rozcieńczonych powietrzem) z worków pomiarowych jest podstawowym przy wykonywaniu badań emisji związków szkodliwych w spalinach, zgodnie z wymaganiami przepisów homologacyjnych. Badania te, nazywane często badaniami kontrolnymi, wykonuje się w ramach badań homologacyjnych (dopuszczających dany pojazd do ruchu) i badań zgodności produkcji (COP - conformity of production - badania pojazdów wziętych losowo z produkcji seryjnej na zgodność z homologowanym typem).



Rys. 1. Pojazd na stanowisku badawczym w Instytucie Badań i Rozwoju Motoryzacji BOSMAL [15]

Obecnie stosowane są zarówno hamownie z silnikiem prądu stałego DC (direct current - prąd stały), jak i hamownie z asynchronicznym silnikiem prądu zmiennego AC (alternating current - prąd zmienny). W badaniach emisji związków szkodliwych w spalinach stosuje się głównie hamownie z pojedynczą rolką o średnicy 48" (~1200 mm). Hamownie podwoziowe stosowane w badaniach pojazdów są przeznaczone do dokładnej symulacji ściśle określonych warunków jazdy pojazdu na drodze, w testach kontrolnych według cykli, takich jak na przykład: NEDC, WLTC lub FTP 75:

- w czasie badania emisji związków szkodliwych w spalinach samochodowych,
- przy pomiarze zużycia paliwa przez pojazd (emisji CO₂).

Podstawą działania hamowni podwoziowej, zwanej też rolkowym stanowiskiem dynamometrycznym, jest przeniesienie sił oporów działających na pojazd, poruszający się po drodze, na układ, w którym pojazd jest nieruchomy, a koła osi napędzającej poruszają się po obracających się rolkach. Jeżeli symulacja sił stycznych działających na obracające się koła samochodu jest realizowana w sposób dokładny, to będzie się on poruszał po rolkach z tą samą prędkością, przyspieszeniem i odwzorowaniem profilu drogi jak w czasie rzeczywistej jazdy po drodze.

Na hamowniach podwoziowych sterowanych komputerowymi systemami zarządzającymi wykonuje się następujące typy badań:

- analiza spalin (rozcieńczonych powietrzem) z worków pomiarowych,
- analiza ciągła spalin stężonych lub rozcieńczonych,
- określenie sprawności reaktora katalicznego (pomiar przed i za reaktorem - stężenia gazów lub analiza masowa),
- określenie stopnia recyrkulacji spalin - EGR (exhaust gas recirculation),
- analiza modalna spalin przed lub za reaktorem katalicznym,
- analiza modalna masowa (przy użyciu dodatkowego analizatora CO₂),
- pomiar składu mieszanki powietrze/paliwo (A/F - air/fuel ratio) lub współczynnika nadmiaru powietrza λ,
- pomiar CO₂ i obliczanie zużycia paliwa metodą „bilansu węgla”,
- inne pomiary dynamiczne np. pomiar mocy silnika pojazdu.

1. Dobór obciążeń rolkowego stanowiska dynamometrycznego do badań emisji związków szkodliwych w spalinach

Obciążenia rolkowego stanowiska hamownianego dla testów emisji spalin w cyklu NEDC ustala się zgodnie z metodą opisaną w Regulaminie 83 EKG ONZ. Na podstawie znanych wartości mas własnych samochodów przyjmuje się masę odniesienia (masa własna powiększona o 100 kg) i zastępczą masę bezwładności.

Podczas symulacji jazdy drogowej na hamowni podwoziowej siłę napędową działającą w punkcie styku koła z rolkami opisuje równanie:

$$F_{\text{zadane}} = F_0 + F_1 \cdot v + F_2 \cdot v^n + m \cdot dv/dt \quad 1$$

gdzie:

v - prędkość pojazdu,

dv/dt - przyspieszenie pojazdu,

m - masa pojazdu (symulowana na hamowni podwoziowej przez zastępczą masę bezwładności),

F₀, F₁, F₂ - parametry krzywej poboru mocy hamowni podwoziowej (charakterystyczne dla danego pojazdu),

n - wykładnik potęgi.

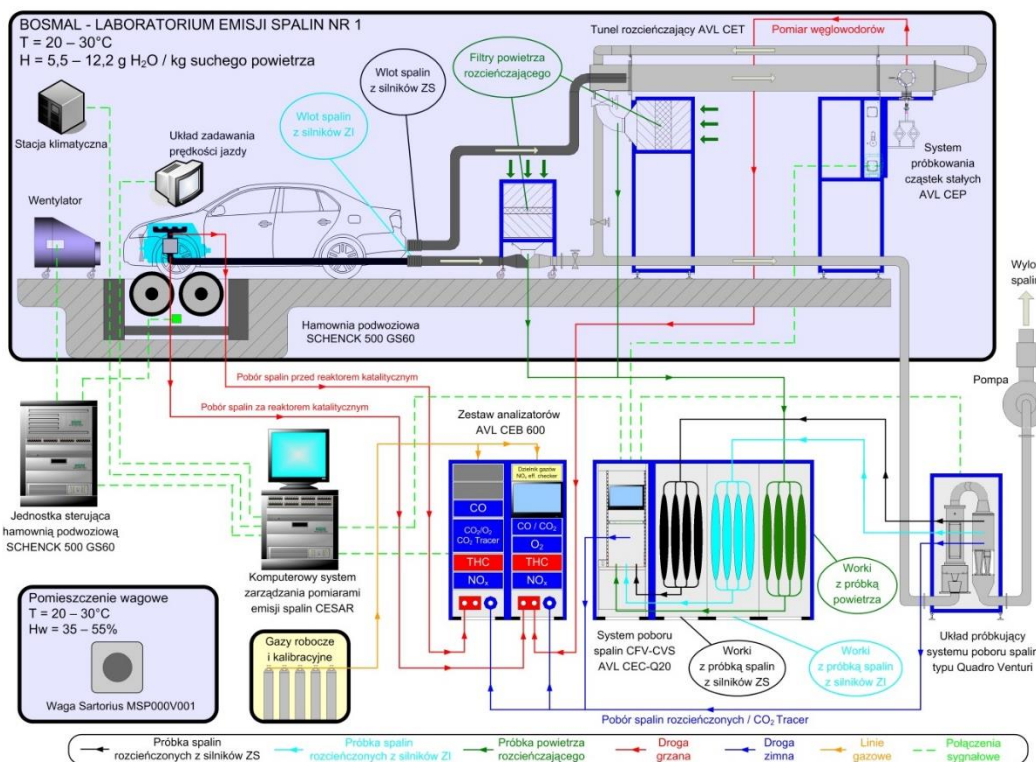
Zgodnie z Regulaminem 83 EKG ONZ najlepszą metodą symulacji krzywej oporów ruchu (określonej na drodze) na hamowni podwoziowej jest metoda ujmująca zmiany energii w czasie wybiegu (coast down) [19-21]. Według tej metody oblicza się moc oporów ruchu pojazdu na drodze na podstawie pomiarów czasów spadków prędkości podczas hamowania na biegu jałowym od:

$$v_2 = v + \Delta v(\text{km/h}) \text{ do } v_1 \text{ do } v_2 = v - \Delta v(\text{km/h}) \quad 2$$

gdzie:

v₁, v₂ - odpowiednio dolna i górna wartość z przedziału prędkości, dla różnych wartości prędkości v.

Następnie powtarza się pomiary na stanowisku rolkowym przy zadanych krzywych poboru mocy oraz strat własnych stanowiska.



Rys. 2 Schemat laboratorium emisji spalin w IBiRM BOSMAL

Pomiary wykonuje się tak długo, aż znajdzie się takie parametry krzywej poboru mocy hamowni podwozowej (F_0 , F_1 , F_2) dla których moce oporów ruchu na drodze i na hamowni nie będą się różniły o więcej niż 10% dla prędkości 20 km/h i o 5% dla prędkości od 40 do 120 km/h.

W tabeli 1 przedstawiono przykładowe parametry regulacji rolkowego stanowiska dynamometrycznego uzyskane według metody coast down, dla samochodu opisanego w tabeli 2.

Tab. 1. Przykładowe parametry regulacji rolkowego stanowiska dynamometrycznego do badań emisji związków szkodliwych w spalinach

Typ samochodu	A	
Masa własna samochodu bez kierowcy [kg]	1135	
Masa odniesienia (kontrolna) [kg]	1235	
Zastępcza masa bezwładności (inercja) [kg]	1250	
Współczynniki regulacji rolkowego stanowiska dynamometrycznego (hamowni podwozowej)	F_0	14
	F_1	0
	F_2	0,0323
Moc pochłaniana przez stanowisko dynamometryczne przy 80 km/h [kW]	4,9	
Ciśnienie powietrza w oponach na stanowisku [MPa]	0,3	

Tab. 2. Charakterystyka samochodu wykorzystanego do badań.

Typ samochodu	A
Przebieg	40 tys. km
Objętość skokowa silnika [dm ³]	1,6
Typ silnika	ZI MPI
Urządzenia dodatkowe obniżające toksyczność spalin	TWC, sonda λ , pochłaniacz par paliwa

Regulamin 83 EKG ONZ dopuszcza także (za zgodą producenta) alternatywną metodę regulacji stanowiska dynamometrycznego, polegającą na doborze krzywej poboru mocy stanowiska (z tabeli) tylko na podstawie masy pojazdu.

W tabeli 3 przedstawiono dla badanego samochodu porównanie współczynników regulacji rolkowego stanowiska dynamometrycznego, uzyskanych metodą coast down i dobranych metodą alternatywną [22].

Tab. 3. Przykładowe parametry regulacji rolkowego stanowiska dynamometrycznego do badań emisji związków szkodliwych w spalinach.

Metoda doboru krzywej poboru mocy stanowiska	F_0	F_1	F_2	Moc przy 80 km/h [kW]
Samochód typu A				
Metoda coast down	14	0	0,0323	4,9
Metoda alternatywna	7	0	0,0460	6,7

W następnym rozdziale przedstawiono porównanie wyników badania emisji związków szkodliwych spalin dla samochodu typu A, w zależności od parametrów regulacji rolkowego stanowiska dynamometrycznego.

2. Badania wpływu regulacji hamowni podwozowej na wyniki emisji.

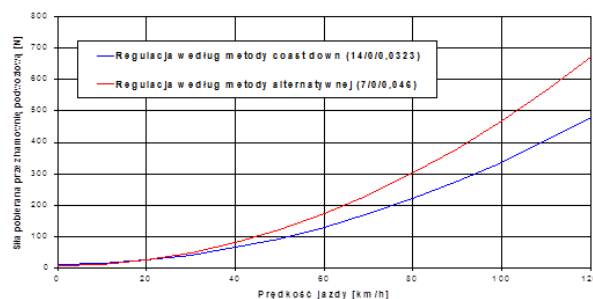
Na rolkowych stanowiskach dynamometrycznych (hamowniach podwozowych) symuluje się siły styczne, działające na obracające się koła samochodu. Jeżeli symulacja jest dokładna, to samochód będzie się poruszał po rolkach z taką samą prędkością i przyspie-

szaniem, jak w czasie rzeczywistej jazdy po drodze. Dla zapewnienia dokładności odtwarzania warunków ruchu pojazdu na drodze, metody pomiarowe i czujniki zastosowane w stanowisku dynamometrycznym muszą zapewniać pomiar prędkości i momentu hamującego (napędzającego) z dużą częstotliwością i najwyższą dokładnością. W tym aspekcie ważna jest regulacja hamowni podwozowej, zapewniająca odtworzenie na rolkach stanowiska całkowitych oporów działających na pojazd podczas jego ruchu na drodze, dla wszystkich prędkości symulowanej jazdy.

Jak opisano powyżej, zgodnie Regulaminem 83 EKG ONZ dopuszcza się dwie metody doboru krzywej poboru mocy hamowni podwozowej:

- metoda coast down (zmian energii w czasie wybiegu),
- metoda alternatywna (na podstawie masy pojazdu).

Na rysunkach 3 i 4 porównano krzywe poboru mocy hamowni podwozowej, uzyskane wyżej wymienionymi metodami dla samochodu typu A. Przedstawione na tych i na kolejnych rysunkach oznaczenia 14/0/0,0323 i 7/0/0,046 dotyczą parametrów krzywej poboru mocy hamowni podwozowej (odpowiednio F_0 , F_1 i F_2).



Rys. 3. Porównanie krzywych siły pobieranej przez hamownię podwozową dla samochodu typu A, uzyskanych metodą coast down (krzywa 14/0/0,0323) i alternatywną (krzywa 7/0/0,046)

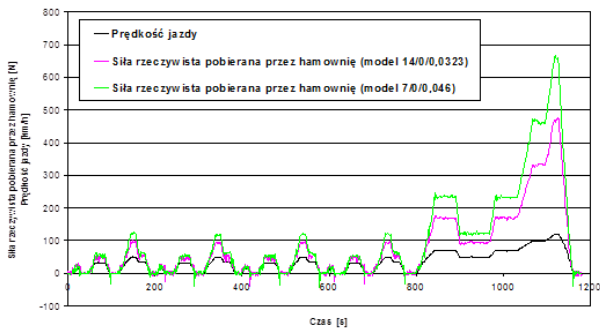


Rys. 4. Porównanie krzywych mocy pobieranej przez hamownię podwozową dla samochodu typu A, uzyskanych metodą coast down (krzywa 14/0/0,0323) i alternatywną (krzywa 7/0/0,046)

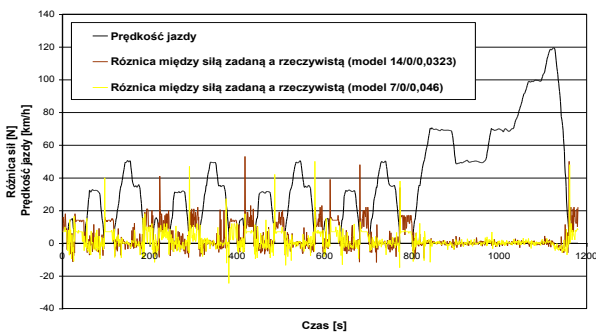
Na podstawie rysunków 2 i 3 zauważono różnice między krzywymi. Krzywa dobrana metodą alternatywną powoduje wyraźnie większy pobór mocy przez hamownię podwozową - o 2,8 kW przy prędkości 80 km/h, a o 6,3 kW przy prędkości 120 km/h.

Na rysunkach 5 i 6 przedstawiono przykładowe przebiegi rzeczywistej i zadanej siły pobieranej przez hamownię podwozową oraz różnicy między nimi w czasie realizacji testu NEDC, a na rysunkach od 7 do 9 te same wartości w funkcji prędkości jazdy pojazdu.

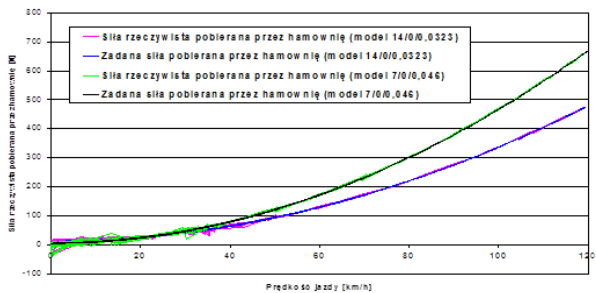
Na podstawie poniższych wyników można zauważyć niestabilność siły rzeczywistej pobieranej przez hamownię w czasie szybkich zmian obciążenia hamowni, w chwili uruchamiania sprzęgła w samochodzie podczas hamowania pojazdem.



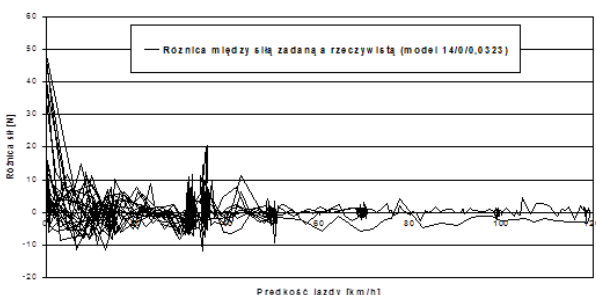
Rys. 5. Przebieg siły rzeczywistej pobieranej przez hamownię podwoziową podczas testu NEDC dla samochodu typu A, w zależności od regulacji stanowiska



Rys. 6. Różnica między siłą zadaną a rzeczywistą, pobieraną przez hamownię podczas testu NEDC dla samochodu typu A, w zależności od regulacji stanowiska



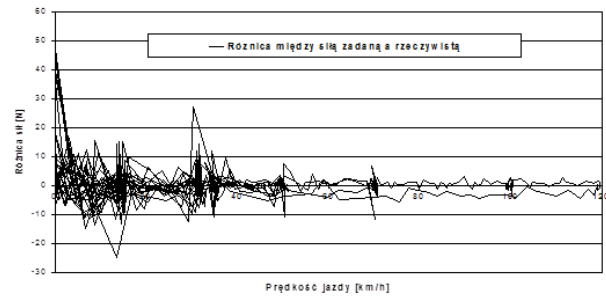
Rys. 7. Przebieg siły rzeczywistej pobieranej przez hamownię w funkcji prędkości jazdy podczas testu NEDC dla samochodu typu A, w zależności od regulacji stanowiska



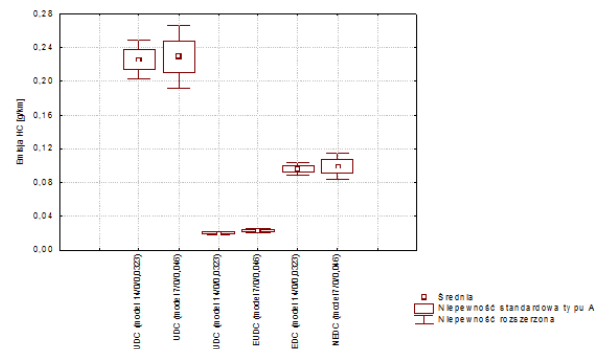
Rys. 8. Różnica między siłą zadaną a rzeczywistą (pobieraną przez hamownię podwoziową) w funkcji prędkości jazdy podczas testu NEDC dla samochodu typu A i krzywej poboru mocy uzyskanej metodą coast down

Wpływ regulacji hamowni podwoziowej na wyniki emisji związków szkodliwych podczas testu NEDC przedstawiono na rysunkach od 10 do 15, na podstawie serii badań wykonanych dla krzywych poboru mocy hamowni otrzymanych dwoma, wyżej opisanymi metodami. Na rysunkach tych przedstawiono wartości średnie emisji,

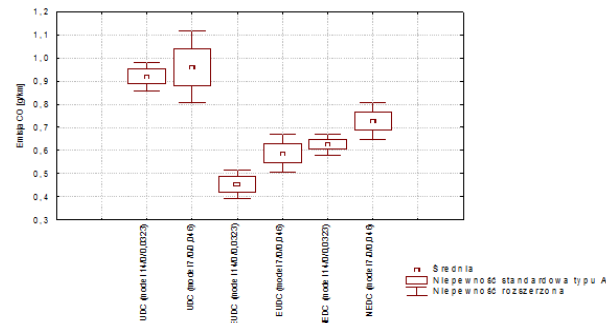
niepewność standardową typu A oraz niepewność rozszerzoną wyników pomiarów uzyskanych w obu seriach.



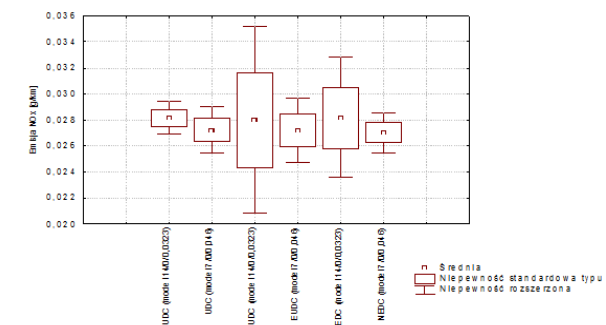
Rys. 9. Różnica między siłą zadaną a rzeczywistą (pobieraną przez hamownię podwoziową) w funkcji prędkości jazdy podczas testu NEDC dla samochodu typu A i krzywej poboru mocy uzyskanej metodą alternatywną



Rys. 10. Porównanie emisji HC podczas testu NEDC dla samochodu typu A w zależności od regulacji hamowni podwoziowej

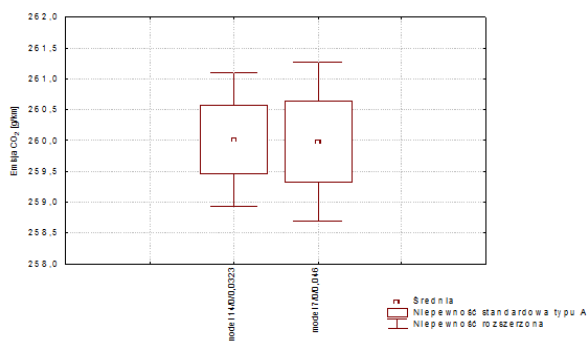


Rys. 11. Porównanie emisji CO podczas testu NEDC dla samochodu typu A w zależności od regulacji hamowni podwoziowej

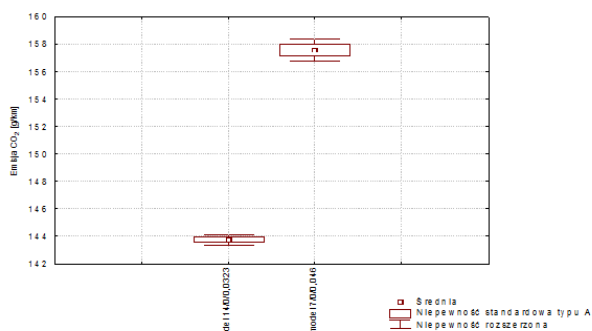


Rys. 12. Porównanie emisji NOx podczas testu NEDC dla samochodu typu A w zależności od regulacji hamowni podwoziowej

Na podstawie analizy otrzymanych wyników stwierdzono nieznaczny wpływ regulacji hamowni podwoziowej na wyniki emisji HC i NO_x, zarówno w fazie UDC, jak i EUDC testu NEDC. W przypadku emisji CO i CO₂, w fazie EUDC i w całym teście NEDC, zauważono wyraźne różnice w zależności od regulacji hamowni podwoziowej. Oznacza to, iż w przypadku samochodu typu A, podczas wykonywania testów emisji dla regulacji hamowni podwoziowej, uzyskanej metodą alternatywną uzyskano znacznie wyższe, a jednocześnie nieporównywalne z uzyskanymi podczas testów z regulacją hamowni podwoziowej metodą coast down, wyniki emisji CO i CO₂.

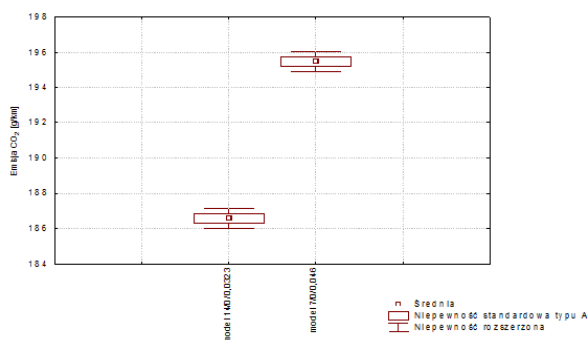


Rys. 13. Porównanie emisji CO₂ podczas fazy UDC testu NEDC dla samochodu typu A w zależności od regulacji hamowni podwoziowej



Rys. 14. Porównanie emisji CO₂ podczas fazy EUDC testu NEDC dla samochodu typu A w zależności od regulacji hamowni podwoziowej

Zakładając, że wyniki emisji dla regulacji hamowni podwoziowej, uzyskanej metodą coast down odpowiadają rzeczywistej emisji samochodu (uwzględniają opory własne pojazdu), niepewność pomiarów emisji w całym teście NEDC dla regulacji hamowni podwoziowej wyznaczonej metodą alternatywną wynosi 3,3% dla HC, 16,1% dla CO, 4,1% dla NO_x i 4,8% dla CO₂



Rys. 15. Porównanie emisji CO₂ podczas całego testu NEDC dla samochodu typu A w zależności od regulacji hamowni podwoziowej

Podsumowanie

Hamownia podwoziowa jest jednym z najważniejszych urządzeń wykorzystywanych w pomiarach emisji związków szkodliwych spalin podczas testów w warunkach laboratoryjnych. Współczynniki regulacji hamowni podwoziowej mają bezpośredni wpływ na symulację obciążenia samochodów podczas badań emisji spalin i dlatego należy dobierać je w sposób jak najbardziej dokładny dla każdego badanego samochodu. Zgodnie z Regulaminem 83 EKG ONZ istnieją dwie metody doboru: metoda coast down (zmian energii w czasie wybiegu) i metoda alternatywna (na podstawie masy pojazdu). Jak pokazano w niniejszym artykule zastosowana metoda doboru współczynników regulacji hamowni podwoziowej ma duży wpływ na uzyskiwane wyniki emisji związków szkodliwych spalin i zużycie paliwa (emisja CO₂) i w celu uzyskiwania jak najbardziej wiarygodnych wyników należy stosować (kiedy tylko jest to możliwe) metodę dokładną, czyli indywidualne wyznaczanie współczynników regulacji hamowni podwoziowej metodą coast down.

Niniejszy artykuł związany jest z tematem „Analiza możliwości zwiększenia dokładności metody pomiarów emisji spalin, zużycia paliwa i parametrów dynamicznych samochodów podczas badań na hamowni podwoziowej oraz rozszerzenie metodyki badań emisji gazowych związków szkodliwych i cząstek stałych o badania nieznormalizowane podczas testów emisji na hamowni podwoziowej” w ramach prac naukowo-badawczych, realizowanych w BOSMAL w latach 2018-2019.

Bibliografia:

1. Bielaczyc P., Merkisz J., Szczotka A., An Investigation of Cold Start and Warm-up Phases with a SI Engine for Meeting New European Emissions Regulations. PTNM, Archiwum Motoryzacji nr 1-2. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1999.
2. Bielaczyc P., Szczotka A., Development Trends for Spark Ignition Engines to Meet Future European Emissions Regulations, Journal of Kones Internal Combustion Engines, Vol. 6, No. 1-2, Warsaw 1999.
3. Jost K., Spark-ignition Engine Trends. Automotive Engineering International, No 1, 2002.
4. Becker E.R., Watson R.J., Future Trends in Automotive Emission Control, SAE Paper 980413, 1998.
5. Behrendt H., Mörsch O., Seifert C.T., Studies on Enhanced CVS Technology to Achieve SULEV Certification. SAE Paper 2002-01-0048, 2002.
6. Bielaczyc P., Merkisz J., Rozwój metod badań emisji związków szkodliwych z silników spalinowych. Zeszyt Naukowy OBRSM Bosmal nr 8, Bielsko-Biała 1998.
7. Krenn M., Kampelmühler F., Weidinger C., Evaluation of a New Design for CVS-Systems Meeting the Requirements of SULEV and EURO IV. SAE Paper 2000-01-0800, 2000.
8. Landry M., Guenther M., Isbrecht K., Simulation of Low Level Vehicle Exhaust Emissions for Evaluation of Sampling and Analytical Systems. SAE Paper 2001-01-0211, 2001.
9. Ohtsuki S., Inoue K., Yamagishi Y., Studies on Emission Measurement Techniques for Super-Ultra Low Emission Vehicles. SAE Paper 2002-01-2709, 2002.
10. Schiefer E., Schindler W., Schimpl H., Study of Interferences for ULEV-CVS Measurement, Related to the Complete Measuring System, Discussion of Error Sources, Cross-Sensitivity and Adsorption. SAE Paper 2000-01-0796, 2000.
11. Seifert G., What is Zero Emission and How Can it be Measured? Motortechnische Zeitschrift Vol. 63, No.1, 2002.
12. Sherman M., Lennon K., Chase R., Error Analysis of Various Sampling Systems. SAE Paper 2001-01-0209, 2001.

13. Silvis W., Chase R., Proportional Ambient Sampling: A CVS Improvement for ULEV and Lean Engine Operation. SAE Paper 1999-01-0154, 1999.
14. Tayama A., Kanetoshi K., Tsuchida H., A Study of a Gasoline-Fueled Near-Zero-Emission Vehicle Using an Improved Emission Measurement System. SAE Paper 982555, 1998.
15. Bielaczyc P., Szczotka A., Pajdowski P., Woodburn J., Development of vehicle exhaust emission testing methods – BOSMAL's new emission testing laboratory. PTNSS-2011-SS1-101. Combustion Engines 1/2011 (144).
16. Bielaczyc P., Szczotka A., Pajdowski P., Woodburn J., Development of automotive emissions testing equipment and test methods in response to legislative, technical and commercial requirements. Paper 2013-103. Combustion Engines 1/2013 (152).
17. Vetter T., Fehl G., The Modern Exhaust Gas Laboratory for Development of Environment Friendly Engines. SAE Paper 952286, 1995
18. Code of Federal Regulations; Protection of Environment 40; Part 86; §86.109-94; §86.082-2; §86.144-94, §86.1803-01; §86.144-78, Revised as of 1.07.1999
19. Andrews R.W., Pruess D.J., Determination of Coast-Down Mechanical Loss Ambient Correction Factors for Use with J2263 Road Test, SAE Paper 970269, 1997
20. Bielaczyc P., Oprychał K.: Metoda Coast - down programowania charakterystyki oporów ruchu na rolkowym stanowisku dynamometrycznym do pomiarów emisji toksycznych składników w spalinach. Zeszyt Naukowy OBR SM BOSMAL nr 5. Bielsko-Biała 1995
21. Bielaczyc P., Oprychał K.: Uwagi na temat metod symulacji krzywej oporów ruchu na rolkowym stanowisku dynamometrycznym do wykonywania testów zawartości toksycznych

- składników w spalinach. Zeszyt Naukowy OBR SM BOSMAL nr 5. Bielsko-Biała 1995
22. Regulamin 83 EKG ONZ

Influence of the chassis dynamometer regulation on the exhaust emission results

Exhaust emission measurements on the chassis dynamometer are one of the most important and most complex tests which are performed on vehicles powered by combustion engines. Many factors must be under control during exhaust emission measurements, which have an influence on correctness of the obtained results. In this paper, the impact of the chassis dynamometer regulation on the exhaust emission results is analysed.

Keywords: chassis dynamometer, exhaust emissions, combustion engines.

Autorzy:

dr inż. **Andrzej Szczotka** – kierownik Pracowni Badań Toksyczności Spalin w Zakładzie Badań Silników w Instytucie Badań i Rozwoju Motoryzacji BOSMAL w Bielsku-Białej, andrzej.szczotka@bosmal.com.pl

mgr inż. **Bartosz Puchałka** – samodzielny pracownik ds. badań w Pracowni Badań Toksyczności Spalin w Zakładzie Badań Silników w Instytucie Badań i Rozwoju Motoryzacji BOSMAL w Bielsku-Białej

dr inż. **Piotr Bielaczyc** – kierownik Zakładu Badań Silników w Instytucie Badań i Rozwoju Motoryzacji BOSMAL w Bielsku-Białej

mgr inż. **Borys Adamiak** – samodzielny pracownik ds. badań w Pracowni Badań Toksyczności Spalin w Zakładzie Badań Silników w Instytucie Badań i Rozwoju Motoryzacji BOSMAL w Bielsku-Białej