

**PROBLEMATYKA WYZNACZANIA WSPÓLCZYNNIKÓW OPORÓW RUCHU  
SAMOCHODÓW DO BADAŃ EMISJI ZANIECZYSZCZEŃ SPALIN W WARUNKACH  
SYMULOWANYCH NA HAMOWNI PODWOZIOWEJ**

*JAWORSKI Artur*, Dr inż., Politechnika Rzeszowska, Rzeszów, Polska, [ajaworsk@prz.edu.pl](mailto:ajaworsk@prz.edu.pl),  
[orcid.org/0000-0002-1599-1711](https://orcid.org/0000-0002-1599-1711)

**ПРОБЛЕМАТИКА ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЕНТУ ОПОРУ РУХУ АВТОМОБІЛІВ  
ДЛЯ ПЕРЕВІРКИ ВИКИДІВ ШКІДЛИВИХ РЕЧОВИН В УМОВАХ,  
ЩО СИМУЛЮЮТЬСЯ НА ДИНАМОМЕТРИЧНОМУ СТЕНДІ**

*ЯВОРСЬКИЙ Артур*, кандидат технических наук, Жешувська Політехніка, Жешув, Польща,  
[ajaworsk@prz.edu.pl](mailto:ajaworsk@prz.edu.pl), [orcid.org/0000-0002-1599-1711](https://orcid.org/0000-0002-1599-1711)

**PROBLEMS FOR DETERMINING OF CAR RESISTANCE FACTORS TO EXAMINATION  
OF EMISSIONS OF EXHAUST POLLUTIONS IN CONDITIONS SIMULATED  
ON A CHASSIS DYNO**

*JAWORSKI Artur*, PhD in Technical Sciences, Rzeszow University of Technology, Rzeszow, Poland,  
[ajaworsk@prz.edu.pl](mailto:ajaworsk@prz.edu.pl), [orcid.org/0000-0002-1599-1711](https://orcid.org/0000-0002-1599-1711)

**WSTĘP**

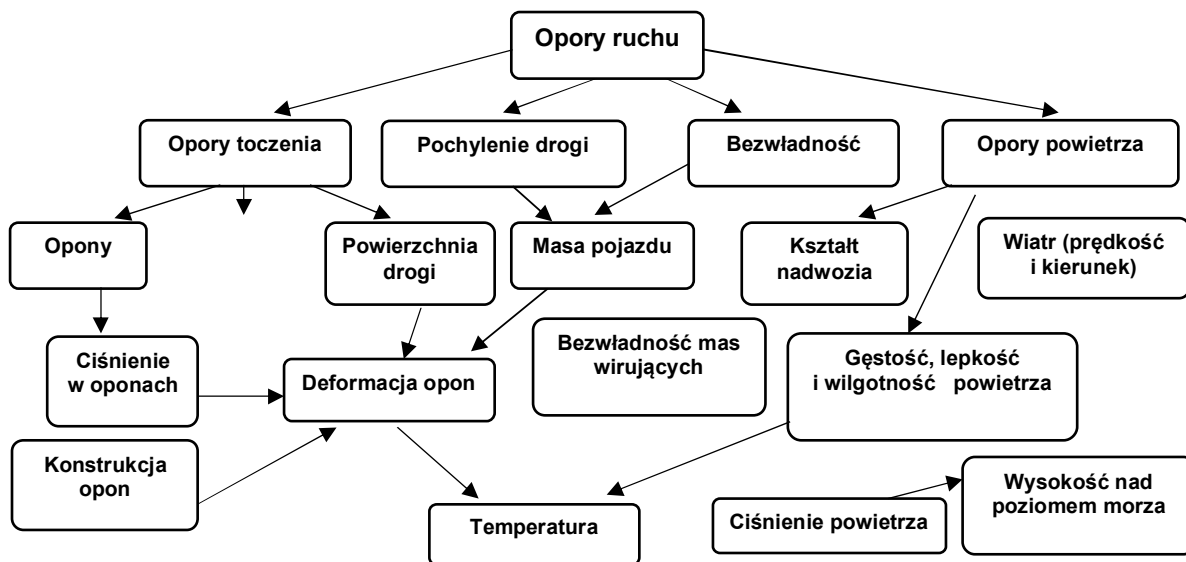
Zasadniczym czynnikiem związanym z rozwojem przemysłu jest konieczność minimalizacji negatywnego oddziaływania na środowisko. Istotnym problemem, dla producentów silników spalinowych i pojazdów, są normy emisji zanieczyszczeń w spalinach silnikowych. Dotychczasowe badania homologacyjne ograniczone były do testów realizowanych na hamowniach podwoziowych, które w przypadku w UE realizowano według testu NEDC (New European Driving Cycle). Badania na hamowni podwoziowej mają na celu ocenę emisyjności zanieczyszczeń spalin z pojazdów w warunkach maksymalnie zbliżonych do występujących na drodze. Jednakże często wyniki badań emisji zanieczyszczeń w spalinach uzyskiwane na hamowni podwoziowej okazują się niższe niż w rzeczywistych testach drogowych RDE (Real Driving Emissions) [4,5,6].

Hamownia podwoziowa zapewnia powtarzalny sposób badań emisji, a test jest stosunkowo szybki i mniej kosztowny, w porównaniu z testami realizowanymi na drodze. Testy na hamowni podwoziowej zapewniają również dużą dokładność i powtarzalność, która nie jest uzyskiwana w badaniach w warunkach rzeczywistych panujących na drodze. Kolejną zaletą badań na hamowni podwoziowej jest możliwość realizacji testów w ustalonych warunkach klimatycznych w komorze, niezależnie od pory roku i warunków zewnętrznych. Jednakże pomimo wspomnianych zalet, testy na hamowni podwoziowej charakteryzują również wady, z których najważniejszą jest to, że takie testy nie mogą odzwierciedlać w pełni warunków drogowych i rzeczywistej emisji zanieczyszczeń spalin z silników pojazdów.

Świadomość tych różnic i dążenie do maksymalnego zbliżenia emisji zanieczyszczeń w warunkach testów homologacyjnych z warunkami rzeczywistymi, występującymi na drodze, doprowadziła do wprowadzenia nowych procedur badań emisji zanieczyszczeń z samochodów osobowych WLTP (Worldwide Harmonised Light Vehicle Test Procedure), obejmujących testy emisji zanieczyszczeń na hamowni podwoziowej, według cykli WLTC (Worldwide Harmonized Light Vehicles Test Cycle), zastępujących cykl NEDC, oraz w warunkach drogowych poza laboratorium, w testach RDE.

Do przeprowadzenia badań na hamowni podwoziowej, których wyniki będą zbliżone do uzyskiwanych na drodze, niezbędne jest ustalenie oporów ruchu działających na badany samochód i ich symulowanie w warunkach laboratoryjnych [1,2,3,7,10]. Podczas badań homologacyjnych samochodów, wartości oporów ruchu są zwykle określone przez producentów. Jednakże wartości te nie zawsze odpowiadają oporom występującym na drodze, czego przykładem mogą być wyniki przedstawione w pracy [4].

Jest to związane z bardzo dużą liczbą czynników, które mają wpływ na opory ruchu samochodów. Główne czynniki, które mają wpływ na wyniki próby wybiegu, zostały przedstawione na rys. 1.



Rysunek 1 – Główne czynniki mające wpływ na wyniki badań oporów ruchu metodą próby wybiegu  
 Figure 1 – The main factors affecting the results of the test of resistance by the coast-down

### DROGOWA PRÓBA WYBIEGU

Drogowe metody wyznaczania oporów ruchu, mogą być realizowane poprzez próby wybiegu lub pomiary momentu obrotowego na kołach napędowych przy jeździe ze stałą prędkością. Badania drogowe, które mają na celu wyznaczenie współczynników oporów ruchu samochodu do ich badań homologacyjnych, realizowane są zgodnie z wymaganiami zawartymi w Regulaminach [8,9]. Celem uzyskania krzywej oporu ruchu w funkcji prędkości jazdy samochodu wymaga się wyznaczenie minimum 6 punktów pomiarowych dla różnych prędkości referencyjnych nie różniących się o ponad 20 km/h. Maksymalna prędkość referencyjna nie powinna być niższa od maksymalnej prędkości dla danego testu badawczego na hamowni podwoziowej.

Zasadnicze wymagania przeprowadzania prób według procedury WLTP w relacji do dotychczas stosowanej zgodnie z Regulaminem nr 83, zawiera tabela 1.

Do wyznaczenia oporów ruchu najczęściej realizowane są próby wybiegu. Pojazd jest rozpędzany do prędkości o ok. 10 km/h większej od wybranej prędkości badania  $V$ , skrzynia biegów jest ustawiana w pozycji neutralnej i mierzony jest czas zmniejszania prędkości pojazdu od wartości  $v_2$  do  $v_1$ , określonych wzorami:

$$v_2 = v + \Delta v; \quad v_1 = v - \Delta v \quad (1)$$

Badania prowadzone są przy jeździe w dwóch kierunkach, dla minimum trzech powtórzeń, podczas których uzyskuje się wartości czasów wybiegu  $\Delta t_{ja}$  i  $\Delta t_{jb}$  a jako wynik, przyjmuje się średnią wartość czasu  $\Delta t_j$ .

Wymaga się aby realizować badania do osiągnięcia wymaganej dokładności wyrażonej współczynnikiem określonym z wzoru [9]:

$$p = \frac{h \cdot \sigma \cdot 100}{\sqrt{n} \cdot \Delta t_j} \leq 3\% \quad (2)$$

gdzie:

$p$  – współczynnik dokładności [%],

$n$  – liczba par testów w obu kierunkach,

$\Delta t_j$  – średni czas spadku prędkości dla prędkości referencyjnej  $V_i$  [s],

$\sigma$  – odchylenie standardowe [s],

$h$  – współczynnik zależny od liczby testów.

Tabela 1 – Wymagania do przeprowadzenia próby wybiegu według standardów ECE R83 i WLTP [8,9]  
 Table 1 – Requirements for carrying out the coast-down test according to ECE R83 and WLTP standards

Wymagania		WLTP	ECE R83
Parametry drogi	Pochylenie wzdłużne	±1%	±1,5%
	Lokalne pochylenie (±3m)	±0,5%	-
	Maksymalne pochylenie	1,5%	-
Warunki atmosferyczne	Średnia prędkość wiatru	Max. 7 m/s	Max. 3 m/s
	Maksymalna prędkość wiatru	Max. 10 m/s	Max. 5 m/s
	Poprzeczna do drogi składowa prędkości wiatru	Max. 4 m/s	Max. 2 m/s
	Wysokość pomiaru prędkości wiatru nad nawierzchnią	-	0,7 m
	Temperatura otoczenia	5÷40 °C	-
Samochód	Przebieg samochodu	Min. 3000 km	Min. 3000 km
	Wiek opon	Max. 2 lata	-
	Przebieg opon	Min. 200 km	-
	Głębokość bieżnika	80÷100 %	50÷90%
Aparatura pomiarowa	Rejestracja czasu (częstotliwość)	5 Hz	-
	Rejestracja czasu (dokładność)	±0,01s	±0,1s
	Dokładność pomiaru prędkości	±0,5 km/h	±2 %
	Dokładność pomiaru prędkości wiatru	±0,3 m/s	-
	Dokładność pomiaru kierunku wiatru	±3 °	-
	Dokładność pomiaru temperatury powietrza	±1 °C	-
	Dokładność pomiaru ciśnienia powietrza	±0,3 kPa	-
	Dokładność pomiaru masy samochodu	±10 kg	-
	Dokładność pomiaru ciśnienia w ogumieniu	±5 kPa	-

Średni czas spadku prędkości wyraża wzór:

$$\Delta t_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta t_{ji} \quad (3)$$

gdzie:

$\Delta t_{ji}$  – średni czas spadku prędkości dla i-tej próby z testu w obu kierunkach, dla prędkości referencyjnej  $V_i$  [s], wyrażony równaniem [9]:

$$\Delta t_{ji} = \frac{2}{\left(\frac{1}{\Delta t_{jai}}\right) + \left(\frac{1}{\Delta t_{jbi}}\right)} \quad (4)$$

$\Delta t_{jai}$  – średni czas spadku prędkości dla i-tej próby z testu w kierunku a, dla prędkości referencyjnej  $V_i$  [s],

$\Delta t_{jbi}$  – średni czas spadku prędkości dla i-tej próby z testu w kierunku b, dla prędkości referencyjnej  $V_i$  [s],

Wartości współczynników h zawiera tabela 1.

Odchylenie standardowe wyraża wzór:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\Delta t_{ji} - \Delta t_j)^2} \quad (5)$$

Tabela 2 – Wartości współczynników h w zależności od liczby prób n [7]  
 Table 2 – Values of coefficients h depending on the number of tests n [9]

n	Współczynniki	
	h	$\frac{h}{\sqrt{n}}$
3	4,3	2,48
4	3,2	1,6
5	2,8	1,25
6	2,6	1,06
7	2,5	0,94
8	2,4	0,85
9	2,3	0,77
10	2,2	0,73
11	2,2	0,66
12	2,2	0,64
13	2,2	0,61
14	2,2	0,59
15	2,2	0,57

Siły oporu całkowitego dla prędkości referencyjnej  $v_i$  dla badań w kierunkach a i b wyrażają równania [9]:

$$F_{ja} = \frac{1}{3,6} \cdot (m_{av} + m_r) \cdot \frac{2 \cdot \Delta v}{\Delta t_{ja}}, \quad F_{jb} = \frac{1}{3,6} \cdot (m_{av} + m_r) \cdot \frac{2 \cdot \Delta v}{\Delta t_{jb}} \quad (6)$$

gdzie:

$F_{ja}$  - siła oporu całkowitego dla prędkości referencyjnej  $v_i$  dla badań w kierunku a [N],

$F_{jb}$  - siła oporu całkowitego dla prędkości referencyjnej  $v_i$  dla badań w kierunku b [N],

$m_{av}$  - średnia masa samochodu [kg],

$m_r$  - masa kół i elementów wirujących z nimi związanych [kg],

$\Delta t_{ja}$  - średni czas spadku prędkości dla badań w kierunku a, dla prędkości referencyjnej  $v_i$  [s],

$\Delta t_{jb}$  - średni czas spadku prędkości dla badań w kierunku b, dla prędkości referencyjnej  $v_i$  [s].

Wartości średnich czasów wybiegu dla badań w kierunkach a i b wyrażają równania [9]:

$$\Delta t_{ja} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta t_{jai}, \quad \Delta t_{jb} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta t_{jbi} \quad (7)$$

Siłę oporu całkowitego dla prędkości referencyjnej  $v_i$  wyraża równanie:

$$F_j = \frac{1}{3,6} \cdot (m_{av} + m_r) \cdot \frac{2 \cdot \Delta v}{\Delta t_j} \quad (8)$$

Następnie można wyznaczyć średnią moc oporów ruchu  $P_o$  dla określonych prędkości z równania:

$$P_o(v) = F_j \cdot \frac{v}{3,6} \text{ [W]} \quad (9)$$

Na podstawie wyznaczonych wartości sił oporu całkowitego dla poszczególnych prędkości referencyjnych oblicza się korzystając z metody najmniejszych kwadratów współczynniki funkcji oporów ruchu:  $f_0$ ,  $f_1$  i  $f_2$ , którą opisuje równanie:

$$F_o(v) = f_0 + f_1 \cdot v + f_2 \cdot v^2 \text{ [N]} \quad (10)$$

### WARUNKI BADAŃ

Celem badań było wyznaczenie parametrów próby wybiegu i ich ocena, w zakresie wyższych prędkości jazdy na rzeczywistym odcinku dostępnej drogi publicznej. Badania przeprowadzono dla samochodu osobowego o masie 1600 kg. Warunki meteorologiczne podczas badań były następujące: średnia prędkość wiatru ok. 3m/s, temperatura otoczenia ok. 14°C, wilgotność względna powietrza ok. 84%, natomiast ciśnienie otoczenia ok. 985 hPa. Próby wybiegu realizowano w zakresie od prędkości ok. 120 km/h do prędkości ok. 85 km/h, na odcinku drogi ekspresowej S19 oraz autostrady A4. Dokonano 6 prób wybiegu, po 3 w obu kierunkach. Do pomiarów prędkości i czasu użyto czujnika optoelektronicznego DLS-2 firmy DATRON. Wyniki rejestrowano przy użyciu oprogramowania CeCalWin Pro.

## WYNIKI BADAŃ I ICH ANALIZA

Wyniki badań zestawiono w tabeli 3. Na podstawie uzyskanych czasów wybiegu obliczono ich wartości średnie dla kierunków a i b z równania (7) oraz uśrednione wartości dla poszczególnych prób z równań (3) i (4), dla kolejnych prędkości referencyjnych  $v_i$ . Ponadto wyznaczono wartości współczynnika dokładności  $p$  wyrażonej wzorem (2), średnie siły oporu ruchu i moce oporów ruchu. Wyniki obliczeń zestawiono w tabeli 4.

Tabela 3 – Wyniki czasów wybiegu dla badanego samochodu w zakresie prędkości 90÷120 km/h

Table 3 – Results of the coast-down for the tested car in the speed range of 90 ÷ 120 km / h

$V_i$ [km/h]	Zakres prędkości [km/h]	Kierunek a			Kierunek b		
		$\Delta t_{jai}$ [s]			$\Delta t_{jbi}$ [s]		
-	120÷90	26,79	24,94	25,4	27,93	26,78	28,56
115	120÷110	8,45	6,32	7,96	8,26	6,58	8,88
105	110÷100	9,12	7,09	7,94	8,83	7,77	9,87
95	100÷90	9,26	11,52	9,49	10,83	12,43	9,81

Tabela 4 – Wyniki obliczeń parametrów wybiegu dla badanego samochodu w zakresie prędkości 90÷120 km/h

Table 4 – Results of the calculation of coast-down parameters for the tested car in the speed range of 90÷120 km/h

$V_i$ [km/h]	Zakres prędkości [km/h]	$\Delta t_{ja}$ [s]	$\Delta t_{jb}$ [s]	$\Delta t_{ji}$ [s]			$\Delta t_j$ [s]	$p$ [%]	$\sigma$ [s]	$F_{ja}$ [N]	$F_{jb}$ [N]	$F_j$ [N]	$P_0(v)$ [kW]
				1	2	3							
-	120÷90	25,71	27,76	27,34	25,82	26,89	26,69	7,26	0,78	-	-	-	-
115	120÷110	7,58	7,91	8,35	6,44	8,4	7,73	35,72	1,11	-493,6	-504,6	-514,9	16,1
105	110÷100	8,05	8,82	8,97	7,41	8,8	8,4	25,3	0,85	-442,3	-464,8	-484,9	13,5
95	100÷90	10,08	11,03	9,96	11,96	9,65	10,52	29,5	1,25	-387,2	-370,8	-354	9,8

Analizując uzyskane wyniki można stwierdzić, że wartości współczynnika dokładności  $p$  oraz odchylenia standardowego  $\sigma$  są bardzo duże. Jest to spowodowane brakiem powtarzalnych warunków podczas kolejnych prób w obu kierunkach, związanych przede wszystkim ze zmianami pochylenia drogi. Realizacja testów dla dużych prędkości, przekraczających 90 km/h, przy braku wydzielonego i zamkniętego odcinka drogi, możliwa jest (przy zachowaniu przepisów ruchu drogowego) na drogach ekspresowych lub autostradach. Mając na uwadze rzeczywiste zmiany pochylenia tych dróg, przy ruchu innych pojazdów sprawia, że przeprowadzenie badań w obu kierunkach prób wybiegu, dokładnie na tym samym odcinku drogi nie jest możliwe. W związku z tym, wartości średnie sił oporów ruchu wyznaczone na rzeczywistych odcinkach dróg, mogą być wykorzystane do wyznaczenia współczynników oporów ruchu dla badań na hamowni podwoziowej, które umożliwią ocenę emisji zanieczyszczeń w testach badawczo-rozwojowych, których celem nie jest stwierdzenie zgodności emisji zanieczyszczeń z limitami określonymi w wymaganiach homologacyjnych, lecz ocena wpływu zmian wybranych parametrów techniczno-eksploatacyjnych samochodu na emisję zanieczyszczeń. Z uwagi na różnice emisji zanieczyszczeń w spalinach silników samochodowych uzyskiwane w testach laboratoryjnych w relacji do rzeczywistych badań drogowych, określenie uśrednionych współczynników oporów ruchu na rzeczywistych drogach, które występują lokalnie na obszarze eksploatacji danego samochodu, wydaje się racjonalne. Samochody poruszające się na rzeczywistych odcinkach dróg, których parametry odbiegają od określonych w regulaminach dotyczących homologacji samochodów, przy zróżnicowanych profilach prędkości, zależnych od warunków drogowych, charakteryzują się odmienną emisją zanieczyszczeń od wyznaczonych w badaniach laboratoryjnych o czym świadczą wyniki zamieszczone w licznych pracach z tego zakresu.

### WNIOSKI

Na podstawie przeprowadzonych badań i analizy ich wyników można sformułować następujące wnioski.

1. Badania współczynników oporów ruchu, szczególnie w zakresie wyższych prędkości jazdy, są zagadnieniem trudnym do zrealizowania w warunkach określonych w procedurze homologacyjnej WLTP, przy braku dysponowania odpowiednim, zamkniętym odcinkiem drogi. Związane jest to głównie z wymaganiami odnośnie odcinka drogi, na którym tego typu badania powinny być przeprowadzone, z uwagi na przede wszystkim jej średnie dopuszczalne, jak również lokalne pochylenie.

2. Realizacja badań metodą próby wybiegu na drogach publicznych, w zakresie prędkości przekraczających wartość 90 km/h należy realizować, z zachowaniem przepisów ruchu drogowego, na drogach ekspresowych i autostradach. Jest to jednakże związane z ograniczeniem możliwości dokonania testów w obu kierunkach, dokładnie na tych samych odcinkach drogi, a ponadto, przy zachowaniu określonych w normie wymagań.

3. Dodatkową trudnością związaną z badaniami w zakresie dużych prędkości jest niezbędna długość drogi, na której można byłoby zrealizować tego typu test, która dla prędkości ok. 120 km/h powinna wynosić ok. 3 km.

4. Wyniki badań czasów wybiegu wyznaczane na rzeczywistych odcinkach dróg publicznych, przy braku dysponowania zamkniętymi drogami dla ruchu innych pojazdów i o parametrach zgodnych z określonymi w Regulaminach, mogą być w małym stopniu powtarzalne (szczególnie w zakresie dużych prędkości jazdy), a tym samym obciążone dużym współczynnikiem dokładności p. Uzyskane w ten sposób wartości współczynników oporów ruchu odzwierciedlają średnie opory występujące na rzeczywistych odcinkach dróg i nie mogą być stosowane do oceny zgodności emisji zanieczyszczeń w spalinach samochodów w testach homologacyjnych.

#### LITERATURA

1. Charyung Kim, Hyunwoo Lee, Yongsung Park, Cha-Lee Myung, Simsoo Park: Study on the Criteria for the Determination of the Road Load Correlation for Automobiles and an Analysis of Key Factors. *Energies* 2016, 9, 575; doi:10.3390/en9080575

2. Jaworski A., Kuszewski H., Ustrzycki A.: Wyznaczanie współczynników symulacji oporów ruchu w badaniach na hamowni podwoziowej. *Logistyka*, 4/2015.

3. Kadijk G., Ligterink N.: Road load determination of passenger cars. 2012. Accessed: 3 April 2019. Available at: [https://www.tno.nl/media/1971/road\\_load\\_determination\\_passenger\\_cars\\_tno\\_r10237.pdf](https://www.tno.nl/media/1971/road_load_determination_passenger_cars_tno_r10237.pdf)

4. Kühlwein Jörg: The impact of official versus real-world road loads on CO<sub>2</sub> emissions and fuel consumption of european passenger cars. The International Council On A Clean Transportation. White paper. 2016. Accessed: 12 April 2019. Available at: [https://www.theicct.org/sites/default/files/publications/ICCT\\_Coastdowns-EU\\_201605.pdf](https://www.theicct.org/sites/default/files/publications/ICCT_Coastdowns-EU_201605.pdf)

5. Pelkmans L., Debal P.: Comparison of on-road emissions with emissions measured on chassis dynamometer test cycles. *Transportation Research Part D* 11 (2006) 233–241. doi:10.1016/j.trd.2006.04.001.

6. Pielecha, J., Merkisz, J., Markowski, J., Jasiński, R., Magdziak, A.: Wybrane zagadnienia dotyczące drogowych testów emisyjnych. *Autobusy : technika, eksploatacja, systemy transportowe* 2016, R. 17, nr 12 | 1297-1303.

7. Šarkan, B., Skrúčaný, T., Semanová, Š., Madleňák, R., Kuranc, A., Sejkorová, M., Caban, J.: Vehicle coast-down method as a tool for calculating total resistance for the purposes of type-approval fuel consumption. *Scientific Journal of Silesian University of Technology. Series Transport*. 2018, 98, 161-172. ISSN: 0209-3324. DOI: <https://doi.org/10.20858/sjsutst.2018.98.15>

8. UNECE. Regulation No. 83. Uniform Provisions Concerning the Approval of Vehicles with Regard to the Emission of Pollutants According to Engine Fuel Requirements. Accessed: 2 April 2019. Available at: <https://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/main/wp29/wp29regs/r083r4e.pdf>.

9. UNECE. Global Technical Regulation No. 15. World Harmonized Light Vehicles Test Procedure. Accessed: 2 April 2019. Available at: <https://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/main/wp29/wp29r-1998agr-rules/ECE-TRANS-180a15e.pdf>.

10. Woroźbit S., Jaworski A.: Wybrane problemy ustalenia współczynników oporów ruchu do badań na hamowni podwoziowej. *Praca zbiorowa, nt. „Systemy i środki transportu samochodowego” TRANSPORT* 2016, Rzeszów 2016. s. 103-108.

#### STRESZCZENIE

JAWORSKI Artur. Problematyka wyznaczania współczynników oporów ruchu samochodów do badań emisji zanieczyszczeń spalin w warunkach symulowanych na hamowni podwoziowej. / A. JAWORSKI // *Wisnyk Narodowego Uniwersytetu Transportu*. – K. : NTU, 2019. – № 3 (45).

W pracy przedstawiono problematykę oporów ruchu działających na samochody w rzeczywistych warunkach drogowych i ich wyznaczania dla badań na hamowni podwoziowej, związanych z emisją zanieczyszczeń w spalinach. Przedstawiono wyniki wybranych badań współczynników oporów ruchu metodą prób wybiegu dla wybranego samochodu osobowego, realizowane na rzeczywistych odcinkach dróg w zakresie dużych prędkości jazdy.

SŁOWA KLUCZOWE: BADANIE DROGOWE, POWRÓT SILNIKA, WSPÓŁCZYNNIK WSPOMAGANIA SILNIKA, TEST SILNIKA, CHARAKTERYSTYKA PRĘDKOŚCI.

#### РЕФЕРАТ

ЯВОРСЬКИ Артур. Проблематика визначення коефіцієнту опору руху автомобілів для перевірки викидів шкідливих речовин в умовах, що симулюються на динамометричному стенді / ЯВОРСЬКИ Артур // *Вісник Національного транспортного університету*. Серія «Технічні науки». Науково-технічний збірник – К.: НТУ, 2019. – Вип. 3 (45).

У статті розглянуто проблеми опору руху автомобілів в реальних дорожніх умовах та його визначення для випробувань на динамометричному стенді, пов'язаних з викидами забруднюючих речовин у вихлопних газах.

Мінімізації негативного впливу на навколишнє середовище є важливою проблемою для виробників двигунів внутрішнього згоряння та транспортних засобів. Перевірка автомобільних

двигунів нормам викидів раніше виконувалася відповідно до тесту NEDC, що передбачав проведення випробувань на динамометричному стенді. Однак, часто викиди забруднюючих речовин у вихлопних газах, отримані на динамометричному стенді, виявляються нижчими, ніж при реальних дорожніх випробуваннях (згідно тесту RDE) та відповідно до нового тесту WLTP. Причиною цього є невідповідність опору руху автомобіля реальним значенням отриманим під час дорожніх випробувань.

Метою дослідження було визначення коефіцієнту опору руху автомобіля для перевірки викидів шкідливих речовин на динамометричному стенді.

Випробування проводилися для легкового автомобіля вагою 1600 кг. в діапазоні швидкостей близько від 120 км/год до 85 км/год. Отримані результати випробувань по визначенню коефіцієнту опору руху під час дорожніх тестів більші від тих, що приймаються під час випробувань на динамометричному стенді, що підтверджує нашу гіпотезу. Про те, необхідно провести ще додаткові випробування для уточнення значень коефіцієнту опору руху, оскільки попередні випробування що проводилися на дорозі масового користування мають значну похибку.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА: ДОРОЖНІ ВИПРОБУВАННЯ, ПЕРЕВІРКА ВИКИДІВ ДВИГУНОМ, КОЕФІЦІЄНТ ОПОРУ РУХУ, ТЕСТ РУХУ, ШВИДКІСНА ХАРАКТЕРИСТИКА.**

#### **ABSTRACT**

JAWORSKI Artur. Problems for determining of car resistance factors to examination of emissions of exhaust pollutions in conditions simulated on a chassis dyno. Visnyk of National Transport University. Series «Technical sciences». Scientific and Technical Collection. Kyiv. National Transport University. 2019. Vol. 3 (45).

The work presents the problems of traffic resistance of cars in real road conditions and their determination for tests on a chassis dynamometer, related to the emission of pollutants in exhaust gases.

Minimizing the negative environmental impact is an important issue for manufacturers of internal combustion engines and vehicles. Car engine emission standards were previously tested in accordance with the NEDC test, which included testing on a chassis dynamometer. However, often emissions of pollutants in exhaust gases obtained on a chassis dynamometer are lower than in actual road tests (to the RDE test) and to a new WLTP test. The reason for this is the discrepancy between the resistance to movement of the car and the actual value obtained during the road tests.

The purpose of the study was to determine the coefficient of resistance to the movement of a car to check the emissions of harmful substances on a chassis dynamometer.

The tests were carried out for a car weighing 1600 kg. In the speed range close to 120 km / h to 85 km / h. The obtained test results for the resistance to movement during road tests more than those accepted during the test on a chassis dynamometer, confirm our hypothesis. It is necessary to conduct additional tests to clarify the values of the coefficient of resistance to movement, since the preliminary tests carried out on the road of mass use have a significant fault.

**KEYWORDS: ROAD TESTS, CHECKING EMISSIONS BY ENGINE, MOVEMENT RESISTANCE COEFFICIENT, TEST MOVEMENT, SPEED CHARACTERISTICS.**

#### **AUTOR:**

JAWORSKI Artur, dr inż., Politechnika Rzeszowska, adiunkt, Katedra Silników Spalinowych i Transportu, e-mail: ajaworsk@prz.edu.pl, tel.: +48 17 865 1506, 35-959, Rzeszów, Polska, Al. Powstańców Warszawy 12, orcid.org/0000-0002-1599-1711.

#### **АВТОР:**

ЯВОРСЬКІ Артур, кандидат технічних наук, Жешувська Політехніка, доцент, кафедра двигунів внутрішнього згоряння і транспорту, e-mail: ajaworsk@prz.edu.pl, tel.: +48 17 865 1506, 35-959, Жешув, Польща, бульвар Повстанців Варшави 12, orcid.org/0000-0002-1599-1711.

#### **AUTHOR:**

JAWORSKI Artur, PhD in Technical Sciences, Rzeszow University of Technology, associate professor, Department of Internal Combustion Engines and Transport, e-mail: ajaworsk@prz.edu.pl, tel.: +48 17 865 1506, 35-959, Rzeszow, Poland, Av. Powstancow Warszawy 12, orcid.org/0000-0002-1599-1711.

#### **РЕЦЕНЗЕНТИ:**

Восевода Павел, кандидат технічних наук, Жешувська Політехніка, доцент кафедри двигунів внутрішнього згоряння і транспорту, Жешув, Польща.

Сахно В.П., доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, завідувач кафедри автомобілів, Київ, Україна.

#### **REVIEWERS:**

Wojewoda Pawel, PhD in Technical Sciences, Rzeszow University of Technology, associate professor of internal combustion engines and transport department, Rzeszow, Poland.

Sakhno V.P, Doctor of Technical Sciences, Professor, National Transport University, head of automobile department, Kyiv, Ukraine.