

OCENA BADANIA WPLYWU NAWIERZCHNI DRÓG NA HAŁAS DROGOWY METODĄ SPB

Jacek CZARNECKI*, Bogusław STEFAŃCZYK**

* Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie,
Katedra Dróg, Mostów i Materiałów Budowlanych, Al. Piastów 50, 70-311 Szczecin,
e-mail: jacek.czarnecki@zut.edu.pl,

** Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie,
Katedra Dróg, Mostów i Materiałów Budowlanych, Al. Piastów 50, 70-311 Szczecin,
e-mail: kdmimb@zut.edu.pl

Streszczenie: W referacie przedstawiono ocenę wpływu nawierzchni drogowej na hałas komunikacyjny przeprowadzoną metodą statystycznego przejazdu. Pomiary hałasu wykonano dla pojazdów osobowych i ciężarowych na tym samym odcinku drogi. Na podstawie analizy wyników badań stwierdzono, że uzyskane metodą normową rezultaty z uwagi na duże rozbieżności trudno jest wykorzystywać do dalszych, szczegółowych analiz. Mając to na względzie opracowano koncepcję dokładniejszej metody pomiaru wpływu nawierzchni drogowej na hałas komunikacyjny.

Słowa kluczowe: wpływ nawierzchni na hałas, metoda statystycznego przejazdu, SPB, hałas komunikacyjny.

1. WPROWADZENIE

Hałas określany jest jako zbiór dźwięków odbieranych jako przykre, uciążliwe, dokuczliwe, a nawet szkodliwe dla zdrowia. Jednym z dominującym obecnie źródeł hałasu jest hałas komunikacyjny. Jego znaczną część stanowi hałas drogowy powodowany m.in. gwałtownie rosnącym natężeniem ruchu kołowego. Analizując źródła hałasu drogowego (m.in. hałas aerodynamiczny, jednostki napędowej, układu przeniesienia napędu i zawieszenia) uważa się, że przy prędkościach większych niż 50 km/h, dominującą składową stanowi jednak hałas na styku opony z powierzchnią nawierzchni [1]. Poziom tego hałasu różni się w zależności od rodzaju konstrukcji warstwy ścieralnej nawierzchni. Jednym ze sposobów pomiaru wpływu nawierzchni dróg na hałas drogowy, jest metoda SPB (Statistical Pass-By method) [2]. Przeprowadzone badania miały na celu ocenę przydatności otrzymywanych za jej pomocą wyników do dalszej, szczegółowej analizy.

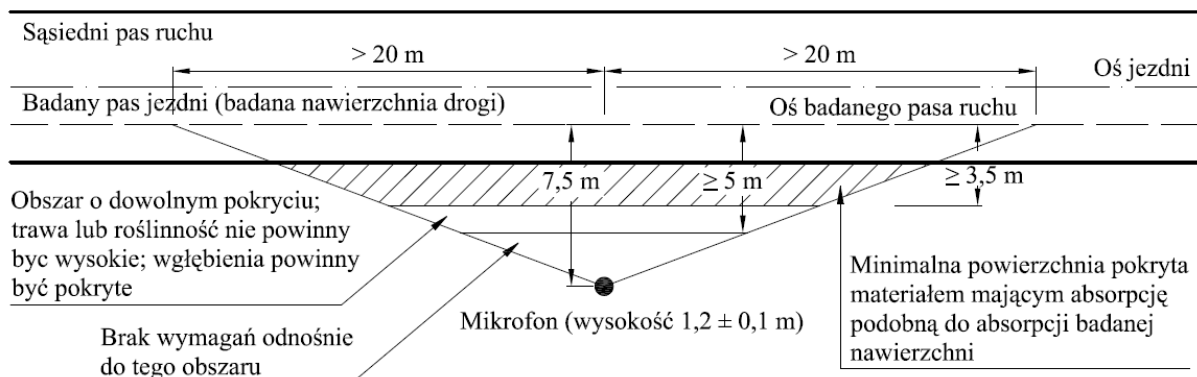
2. METODA SPB

2.1. Sposób przeprowadzenia badania

Metoda SPB polega na pomiarze maksymalnego poziomu dźwięku pochodzącego od statystycznie istotnej liczby poszczególnych przejazdów pojazdów. Jednocześnie mierzy się prędkość, przy której mijają one mikrofon pomiarowy. Wymagania wobec odcinka pomiarowego i usytuowania mikrofonu przedstawiono na rys. 1.

Pomiarowi podlegają pojazdy oddalone od siebie na tyle, aby zaraz przed i zaraz po przejeździe zapewnić poziom dźwięku przynajmniej o 6 dB(A) niższy od maksymalnego poziomu dźwięku zmierzonego przy przejeździe badanego pojazdu. Minimalna ilość badanych pojazdów zależy od ich kategorii i wynosi [2]:

- kategoria 1 – samochody osobowe (SO) z wyłączeniem innych pojazdów lekkich – minimum 100 badanych pojazdów,
- kategoria 2 – pojazdy ciężkie – wszystkie ciężarówki, autobusy i autokary dwuosiove, mające więcej niż cztery koła – minimum 80 pojazdów w tym:
 - kategoria 2a – pojazdy ciężkie dwuosiove (CPD) – ciężarówki, autobusy i autokary z dwiema osiami i więcej niż czterema kołami – minimum 30 pojazdów,
 - kategoria 2b – pojazdy ciężkie wieloosiowe (CPW) – ciężarówki, autobusy i autokary z więcej niż dwiema osiami – minimum 30 badanych pojazdów.



Rys. 1. Wymagania dotyczące odcinka badawczego dla metody SPB według [2].
Fig. 1. Requirements for the test section for the SPB method according to [2].

Dla każdej z kategorii pojazdów podane są trzy kategorie prędkości na drodze:

- mała – dla potoku ruchu o średniej prędkości od 45 do 64 km/h,
- średnia – dla potoku ruchu o średniej prędkości od 65 do 99 km/h,
- duża – dla potoku ruchu o średniej prędkości co najmniej 100 km/h.

Wynikiem pomiarów jest statystyczny współczynnik podczas przejazdu (*SPBI*) obliczany według wzoru [1]:

$$SPBI = 10 \log \left[W_1 \cdot 10^{L_1/10} + W_{2a} (V_1 / V_{2a}) \cdot 10^{L_{2a}/10} + \dots \right. \\ \left. \dots + W_{2b} (V_1 / V_{2b}) \cdot 10^{L_{2b}/10} \right] \quad (1)$$

gdzie:

SPBI – statystyczny współczynnik hałasu podczas przejazdu [dB(A)],

W_1, W_{2a}, W_{2b} – współczynnik ważenia dla pojazdów osobowych, ciężkich dwuosioowych i ciężkich wieloosioowych [-],

V_1, V_{2a}, V_{2b} – prędkość odniesienia dla pojazdów osobowych, ciężkich dwuosioowych i ciężkich wieloosioowych [km/h],

L_1, L_{2a}, L_{2b} – poziom dźwięku dla prędkości odniesienia V_1, V_{2a} i V_{2b} [dB(A)].

Poziomy dźwięku L_1, L_{2a} i L_{2b} dla poszczególnych kategorii pojazdów oblicza się za pomocą prostej regresji o następującym wzorze ogólnym:

$$L_{(A)\max} = a \log(V_p) + b \quad (2)$$

gdzie:

$L_{(A)\max}$ – maksymalny poziom dźwięku dla poszczególnych kategorii [dB(A)],

a – nachylenie prostej regresji [-],

b – przerwanie prostej regresji [-],

V_p – prędkość badanych pojazdów poszczególnych kategorii mierzona jako prędkość chwilowa w momencie mijania mikrofonu pomiarowego [km/h].

Prędkości odniesienia V_1, V_{2a} i V_{2b} przyjmuje się według tabeli 1.

Tabela 1. Prędkości odniesienia i współczynniki ważenia dla różnych kategorii prędkości [2].
Table 1. Reference speeds and weighting coefficients for various speed categories [2].

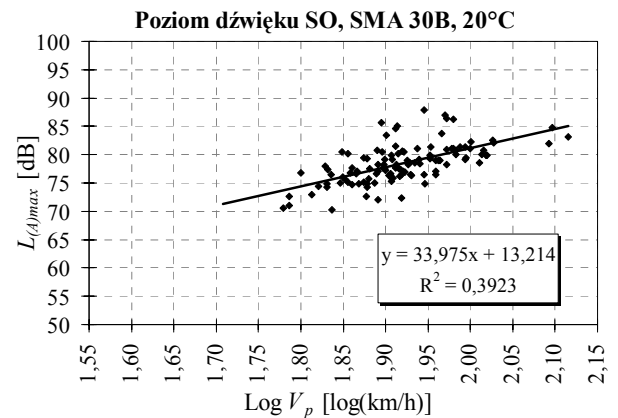
Kategoria pojazdów	Nr	Kategorie prędkości na drodze					
		Mała		Średnia		Duża	
		Prędkość odniesienia [km/h]	Wsp. ważenia [-]	Prędkość odniesienia [km/h]	Wsp. ważenia [-]	Prędkość odniesienia [km/h]	Wsp. ważenia [-]
Samochody osobowe	1	50	0,900	80	0,800	110	0,700
Pojazdy dwuosiove ciężkie	2a	50	0,075	70	0,100	85	0,075
Pojazdy wieloosiove ciężkie	2b	50	0,025	70	0,100	85	0,225

Prędkości te muszą mieścić się w zakresie plus-minus jednego odchylenia standardowego od faktycznie zmierzonej prędkości średniej dla pojazdów ciężkich oraz plus-minus półtora odchylenia standardowego dla samochodów osobowych. Na tej podstawie przyjmuje się następnie kategorię prędkości pojazdów na drodze (małą, średnią lub dużą) oraz współczynniki ważenia W_1 , W_{2a} i W_{2b} równoważne założonym udziałom danej kategorii pojazdów w ruchu. Badania przeprowadzono dla 115 pojazdów osobowych, 34 pojazdów ciężkich dwuosioowych oraz 47 pojazdów ciężkich wieloosioowych. Nawierzchnię stanowiła warstwa ścieralna z mastyksu grysowego SMA o uziarnieniu #0/8 mm z zastosowaniem asfaltu 30B. Temperatura powierzchni nawierzchni wynosiła 20°C.

2.2. Wyniki badań metodą SPB

Jako wynik pomiarów według metody SPB uzyskano statystyczny współczynnik podczas przejazdu $SPBI = 81,9$ dB(A). Może on służyć do zaklasyfikowania danej nawierzchni według jej hałaśliwości, ale nie nadaje się do dokładnej analizy wpływu nawierzchni na hałas drogowy. Bardziej szczegółowe dane można uzyskać z zależności maksymalnego poziomu dźwięku od logarytmu średniej prędkości dla poszczególnych kategorii pojazdów. Na rys. 1 przedstawiono tę zależność dla pojazdów osobowych.

Na podstawie przedstawionej na wykresie wartości współczynnika determinacji, można zauważyć przeciętną korelację wyników badań. Dla pojazdów ciężkich dwuosioowych uzyskano $R^2 = 0,4359$, podczas gdy dla pojazdów ciężkich wieloosioowych $R^2 = 0,3237$. Tak duża rozbieżność wynika ze zróżnicowanego stanu technicznego pojazdów poruszających się w potoku oraz jakości i konstrukcji ich opon.



Rys. 1. Zależność maksymalnego poziomu dźwięku od średniej prędkości dla samochodów osobowych metodą SPB.
Fig. 1. The relationship between maximum sound level and average speed of passenger cars according to SPB method.

3. METODA SV

3.1. Sposób przeprowadzenia badania

W celu uzyskania dokładniejszych wyników zaproponowano nową koncepcję pomiaru sposobu pomiaru wpływu właściwości nawierzchni na hałas drogowy. Nazwano go „metodą pojedynczego pojazdu” („Single Vehicle Method”) – SV. W metodzie tej wykorzystywany jest tylko jeden, konkretny typ pojazdu i opon. W momencie pomiaru poziomu dźwięku, porusza się on na biegu neutralnym z silnikiem pracującym na obrotach jałowych.

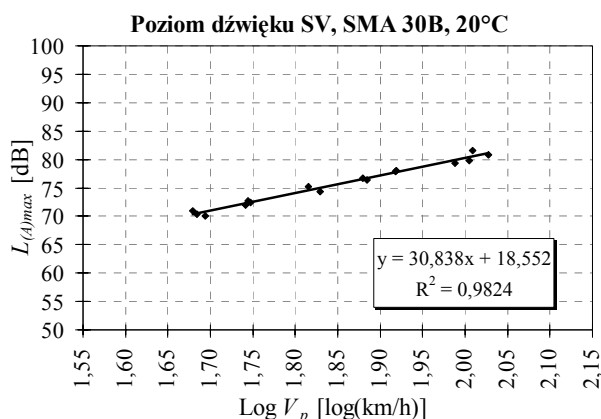
Chcąc odzwierciedlić skład jakościowy pojazdów osobowych w Polsce i popularność danego modelu, do wykonania badań wybrano pojazd klasy średniej. W tym celu wykorzystano Forda Mondeo z 1996 roku z benzynowym silnikiem o pojemności 1,8 dm³. Na potrzeby badań, pojazd wyposażony został w komplet używanych opon letnich Firestone Firehawk 700 o rozmiarze 185/65 R14 86H i głębokości bieżnika 5,0 mm. Ze względu na ich popularność, rozmiar, wiek i parametry techniczno-eksploatacyjne przyjęto, że są one reprezentatywne dla opon samochodów oso-

bowych tej klasy. Ciśnienie w oponach było każdorazowo sprawdzane przed pomiarami tym samym ciśnieniomierzem i wynosiło (zgodnie z zaleceniami producenta auta) 2,1 bar dla kół obu osi. Pomiary poziomu hałasu wykonywano na suchej nawierzchni.

Wykorzystanie konkretnego pojazdu i opon do wykonania pomiarów, miało na celu wyeliminowanie wpływu jego stanu technicznego i rodzaju ogumienia na mierzony hałas. Pomiary wykonywane były w trakcie normalnego ruchu drogowego na odcinku badawczym według specyfikacji metody SPB.

3.2. Wyniki badań metodą SV

Wyniki uzyskane tą metodą przedstawiono na rys. 2.



Rys. 2. Zależność maksymalnego poziomu dźwięku od średniej prędkości dla samochodów osobowych metodą SV.

Fig. 2. The relationship between maximum sound level and average speed of passenger cars according to SV method.

Wykonano 16 pomiarów maksymalnego poziomu hałasu przy przejeździe przy mikrofonie pomiarowym z różnymi prędkościami w zakresie od 47,8 do 106,5 km/h. Na podstawie powyższego wykresu można stwierdzić, że kierunek linii regresji jest podobny do uzyskanego metodą SPB. Współczynnik determinacji wynoszący w tym przypadku aż $R^2 = 0,9824$, wskazuje jednak na bardzo dobre odwzorowanie wyników proponowaną linią regresji. Można stwierdzić, że wykonane tą metodą pomiary, umożliwią określenie wpływu nawet małych różnic w konstrukcji warstw ściernych na emisję hałasu na styku opony z powierzchnią nawierzchni drogowej.

4. PODSUMOWANIE

Na podstawie wykonanych badań wpływu nawierzchni na hałas drogowy można stwierdzić, że normowe badanie za pomocą metody SPB wykazuje dużą rozbieżność wyników i może być wykorzystywane do klasyfikacji dróg według ich hałaśliwości. Zaletą metody SV jest eliminacja czynni-

ków występujących w potoku ruchu: rodzaju i stanu technicznego pojazdów, konstrukcji opon czy hałasu aerodynamicznego. Wykorzystując do pomiaru jeden, określony typ pojazdu, uzyskuje się ponadto zależności o bardzo dobrych korelacjach wyników. Metoda SV może być zatem wykorzystywana do szczegółowych badań wpływu nawierzchni dróg na hałas drogowy.

THE ESTIMATION OF THE INFLUENCE OF ROAD SURFACES ON TRAFFIC NOISE ACCORDING TO SPB METHOD

Summary: The paper presents estimation of the influence of road surfaces on traffic noise according to statistical pass-by method. Noise measurements were performed for passenger cars and trucks on the same road section. The measurements results determined that the SPB method is not suitable for further, detailed researches. The theory of more accurate method (SV) of measurement of the influence of road surfaces on traffic noise was developed.

Literatura

- [1] Sandberg U., Ejsmont J. A.: *Tyre/Road Noise Reference Book*. Informex, Kisa 2002
- [2] PN-EN ISO 11819-1:2004 *Akustyka – Pomiary wpływu nawierzchni dróg na hałas drogowy – Część 1: Metoda statystyczna pomiaru podczas przejazdu*