

Rafał BURDZIK

STANOWISKOWE BADANIA HAŁAŚLIWOŚCI OPON

Streszczenie. W artykule przedstawiono przykładowe metody stanowiskowych badań hałaśliwości opon samochodowych. Spośród wszystkich źródeł hałasu generowanego przez poruszający się pojazd dźwięk pochodzący od koła toczącego się po nawierzchni drogi zaczął odgrywać najbardziej istotną rolę, szczególnie przy prędkościach powyżej 50 km/h. Wiadomości przedstawione w tym artykule posłużyły za podstawę koncepcji i projektu stanowiska do badań hałaśliwości opon samochodowych.

BENCH TESTING RESEARCH METHOD ON TIRE NOISE

Summary. The article presents examples of bench testing method noise of car tires. Of all the sources of noise generated by a moving vehicle, the sound coming from the wheels rolling on the surface of the road began to play the most important role, especially at speeds above 50 km/h. Knowledge presented in this article served as the basis for the conception and design positions the tire noise studies.

1. WSTĘP

Transport jest naturalnym ogniwem łączącym podmioty na wszystkich rynkach handlowych. Poza tym spełnia on podstawowe funkcje związane z mobilnością społeczeństwa, można zatem przyjąć, że uczestniczy we wszystkich sferach życia. Rola i udział transportu w różnych formach aktywności stale wzrastają. Dominującą gałęzią transportu jest transport samochodowy, który jednocześnie jest postrzegany jako najbardziej uciążliwy środowiskowo.

Od zawsze polityka transportowa UE zorientowana była na działania zmierzające do minimalizacji negatywnego oddziaływania transportu. Realizowane priorytety zrównoważonego rozwoju i internalizacji kosztów zewnętrznych transportu miały między innymi zmniejszyć udział transportu drogowego w realizacji usług przewozowych. Trudno jednak wskazywać na sukces tych działań, ponieważ rynek oraz indywidualne potrzeby transportowe naturalnie wybierają ten rodzaj transportu. Celowe zatem wydaje się prowadzenie badań i stosowanie technologii oraz systemów, które technicznie będą powodować obniżanie emisji szkodliwych czynników [10].

Jednym z najbardziej uciążliwych środowiskowo czynników jest hałas generowany przez środki transportu. Pracy elementów pojazdów i ich użytkowaniu towarzyszy zjawisko hałasu, który wprowadza dyskomfort dla uczestników ruchu, a w skrajnych przypadkach może wpłynąć niekorzystnie na ich zdrowie. Rozpatrując te zagadnienia ogólnie, należy całościowo analizować hałas komunikacyjny, generowany przez potoki ruchu.

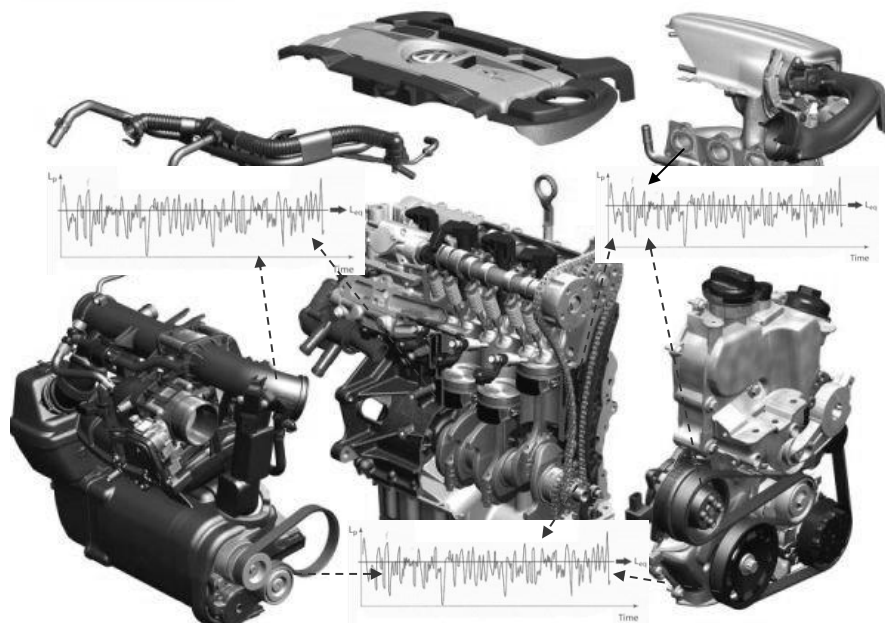
Można wyróżnić dwie zasadnicze grupy metod walki z hałasem: za pomocą regulacji prawnych i planów rozwojowych oraz za pomocą metod inżynierskich aktywnej i pasywnej

redukcji hałasu [1, 2]. Profilaktykę oraz minimalizację hałasu komunikacyjnego można ograniczyć do metod organizacyjnych oraz infrastrukturalnych. Metody organizacyjne polegają na zarządzaniu i sterowaniu ruchem w celu dystrybucji skumulowanych potoków ruchu oraz minimalizacji zatrzymań potoków. Metody infrastrukturalne polegają na stosowaniu specjalnych (cichych) nawierzchni drogowych oraz na rozmieszczaniu ekranów akustycznych.

Każda z wyżej wymienionych metod pozwala na zwalczanie hałasu, który jest emitowany przez pojazdy. Bardziej skuteczne jest jednak zwalczanie źródeł hałasu. Plany i strategie europejskie zakładają produkcję niskoemisyjnych pojazdów. Dlatego tak istotne są: identyfikacja źródeł emisji oraz opracowanie systemów technicznych, które zminimalizują udział procesów reszkowych, najczęściej w postaci hałasu, drgań i szkodliwych efektów spalania.

2. ŹRÓDŁA HAŁASU W POJAZDACH SAMOCHODOWYCH

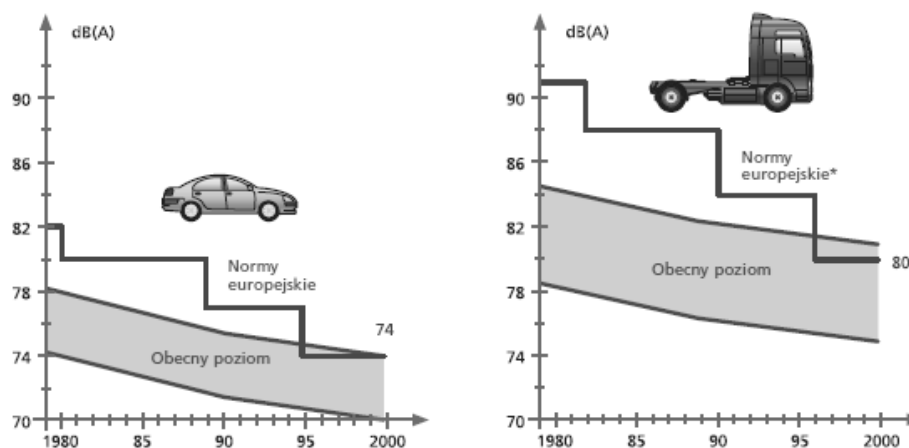
W pojazdach samochodowych występują takie zespoły, jak: silnik, przekładnia zębata oraz układ wydechowy. Bardzo wiele elementów pojazdu jest łożyskowanych. Wszystkie te elementy są źródłami hałasu. W silnikach spalinowych istnieje wiele źródeł hałasu. Hałas powstały w czasie pracy silnika spalinowego wywołany jest różnymi procesami aerodynamicznymi oraz mechanicznymi. Dodatkowo od silnika napędzane są: pompa wodna, pompa wspomagania kierownicy, alternator oraz sprężarka klimatyzacji, które również generują dźwięki mogące wpływać na poziom wytwarzanego hałasu. W celu jego zmniejszenia silniki zabudowuje się osłonami akustycznymi. Stosowanie takich osłon pogarsza jednak warunki chłodzenia i utrudnia dostęp do silnika.



Rys. 1. Silnik jako źródło dźwięku
Fig. 1. Engine as the source of noise

Wymagania dotyczące poziomu hałasu samochodu są określone oddzielnie dla hałasu zewnętrznego oraz wewnątrz kabiny. Hałas zewnętrzny wpływa niekorzystnie na środowisko, a hałas w kabinie – na komfort i bezpieczeństwo kierowcy [3, 4]. Na poziom hałasu wewnątrz

kabiny największy wpływ mają układy napędowy i jezdy oraz hałas aerodynamiczny. Kolejnym źródłem hałasu są wielkopowierzchniowe elementy karoseryjne, np. dach. Jeśli częstotliwość drgań tych elementów jest bliska częstotliwości drgań własnych, może dochodzić do rezonansu akustycznego, który przejawia się charakterystycznym dudnieniem. W ramach zwalczania hałasu komunikacyjnego od kilkudziesięciu lat normy europejskie (Dyrektywa Unii Europejskiej 92/97 EWG i Regulamin ECE R51.01) obniżają dopuszczalne wartości poziomów dźwięku, na skutek czego hałas generowany przez samochody osobowe spadł średnio o 5 dB, a przez samochody ciężarowe – o około 3 dB. Na przestrzeni lat 1980-1996 dopuszczalne wartości zostały stopniowo obniżone z 82 dB do 74 dB dla samochodów osobowych (rys. 2). Poziom 74 dB obowiązuje od 1996 roku, ponieważ prowadzone badania wykazały konieczność opracowania nowej metodyki badania, która będzie bardziej zbliżona do rzeczywistych warunków ruchu drogowego. Wyniki badań naukowych wielu ośrodków potwierdzają, że od prędkości około 30-40 km/h hałas generowany przez toczące się po nawierzchni asfaltowej opony niemal zrównuje się z poziomem natężenia hałasu emitowanego przez źródła mechaniczne w pojeździe, a dla większych prędkości staje się dominującą składową całkowitego hałasu generowanego przez pojazd. Powstała więc nowa regulacja prawna dla dopuszczalnego poziomu natężenia hałasu emitowanego przez parę opona-jezdni, czyli Dyrektywa 2001/43/EG - Limity hałasu.

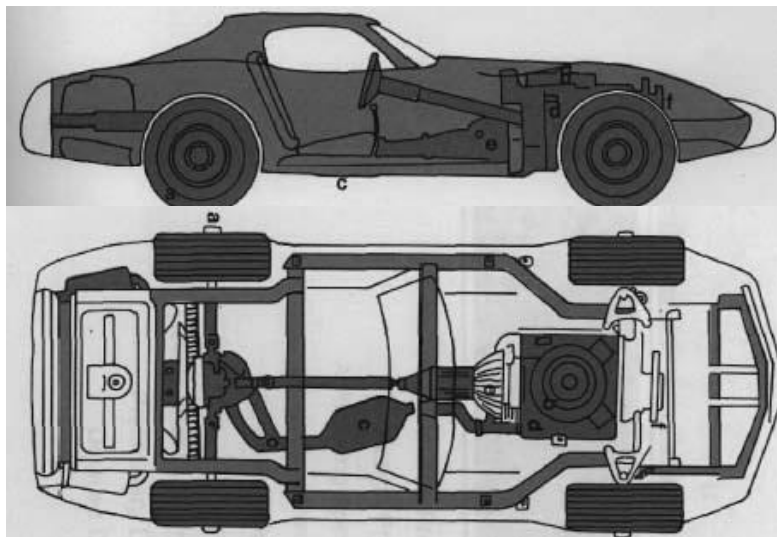


Rys. 2. Spadek dopuszczalnych wartości hałasu generowanego przez pojazdy w UE
Fig. 2. Decrease of vehicles noise emission according to EU law

Mapa akustyczna pojazdu z włączonym silnikiem w tunelu aerodynamicznym została pokazana jest na rysunku 2. Główne źródła hałasu w pojazdach samochodowych przedstawiono na rysunku 3.



Rys. 3. Mapa akustyczna pojazdu z pracującym silnikiem w tunelu aerodynamicznym
Fig. 3. Acoustics map of the vehicle with engine working in aerodynamics tunnel



Rys. 4. Główne źródła hałasu w samochodzie: a) hałas opon, b) układ ssania i wydechu, c) hałas emitowany przez podłogę i elementy poszycia, d) drgania silnika, e) skrzynia biegów, f) hałas wentylatora chłodzącego [5]

Fig. 4. Example of major noise sources in a car: a) tire noise, b) primary inlet and exhaust noise, c) noise radiated by walls of inlet and exhaust systems, d) engine vibration emitted noise, e) gear box and transmission noise, f) cooling fan noise [5]

Nieustający rozwój i innowacyjność w budowie pojazdów skutkują minimalizacją udziału mechanicznych źródeł hałasu w pojazdach, takich jak: silnik, układ przeniesienia napędu, układ wydechowy, układ ssący oraz pozostałe przekładnie. Zespoły te stają się coraz bardziej efektywne i minimalizuje się udział procesów resztkowych, takich jak hałas, w ich funkcjonowaniu. Obecnie liczne badania dowodzą, że hałas generowany na skutek interakcji opony z nawierzchnią jest głównym źródłem emisji akustycznej przy prędkości powyżej 55 km/h dla samochodów osobowych, a dla samochodów ciężarowych przy prędkości powyżej 70 km/h [6].

3. STANOWISKOWE BADANIA HAŁAŚLIWOŚCI OPON

Obecnie obserwuje się dynamiczny rozwój producentów opon samochodowych, którzy konkurują między sobą głównie parametrami technicznymi produktów. Jednym z bardziej istotnych parametrów jest hałaśliwość opon. Konsekwencją tego jest rozwój metod badań, które można podzielić na badania naukowe, rozwojowe (projektowe), homologacyjne i eksploatacyjne. Badania naukowe zorientowane są na analizę zjawisk wpływających na poziom generowanego hałasu. Badania projektowe mają na celu weryfikację projektów i prototypów opon. Badania w warunkach eksploatacyjnych opon zabudowanych w pojazdach mają na celu ocenę opon na etapie ich użytkowania.

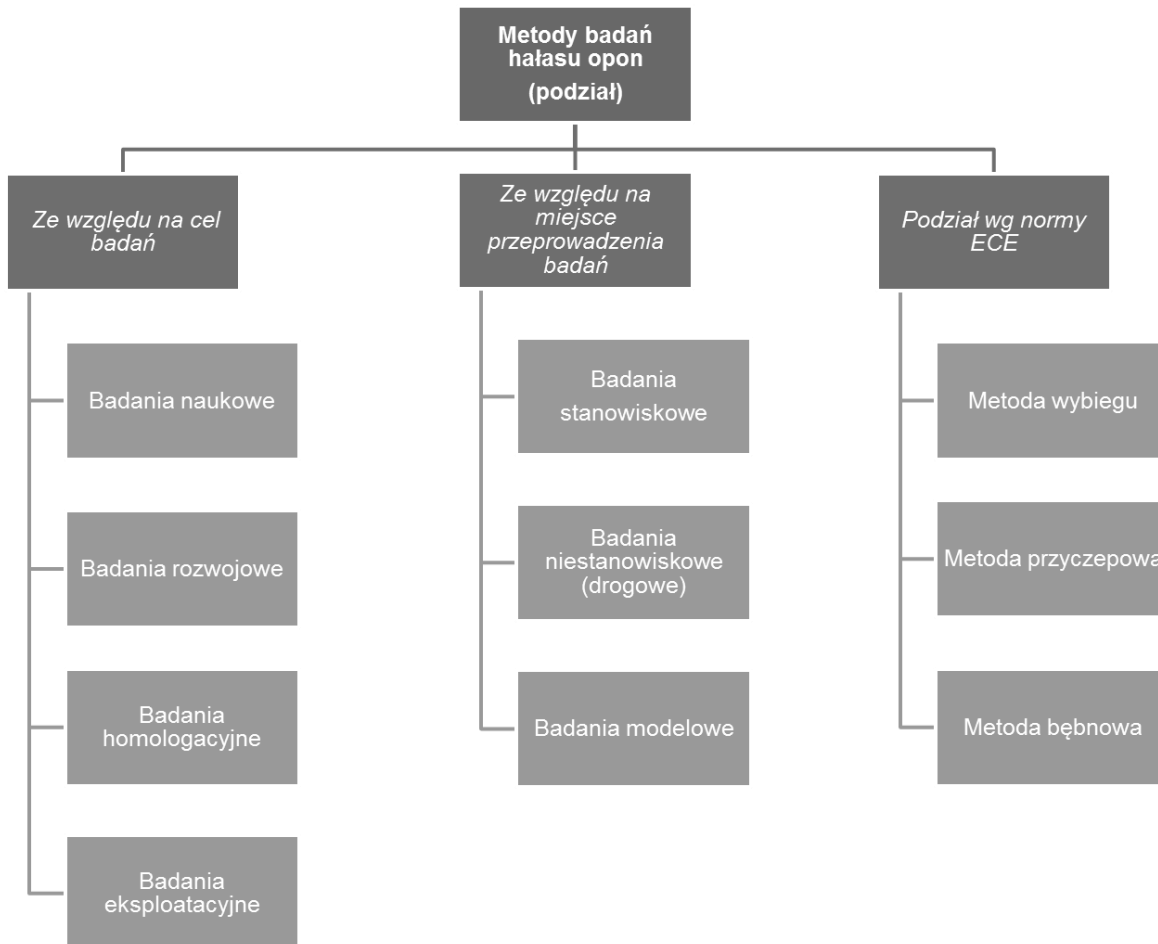
Kolejnym kryterium podziału metod badań opon jest podział na badania stanowiskowe i bezstanowiskowe, które najczęściej mają charakter badań drogowych. Dodatkowo można wyróżnić badania modelowe. Możliwość prowadzenia powtarzalnych badań akustycznych opon wymontowanych z samochodu pozwala na ocenę ich hałaśliwości i prowadzenie prac projektowych nad stopniową eliminacją niekorzystnych zjawisk akustycznych, dlatego w niniejszym artykule opisano przykłady stanowiskowych metod badań.

Europejska Komisja Gospodarcza opracowała normy i regulaminy definiujące zakres i rodzaj badań opon samochodowych. Projekt normy dotyczył głównie metod, które mogą

zostać wykorzystane w badaniach rozwojowych i homologacyjnych. Według normy ECE ostatecznie w projekcie znalazły się trzy znormalizowane metody pomiaru hałasu opon samochodowych:

- metoda wybiegu (*coast-by method*),
- metoda przyczepowa,
- metoda bębnowa.

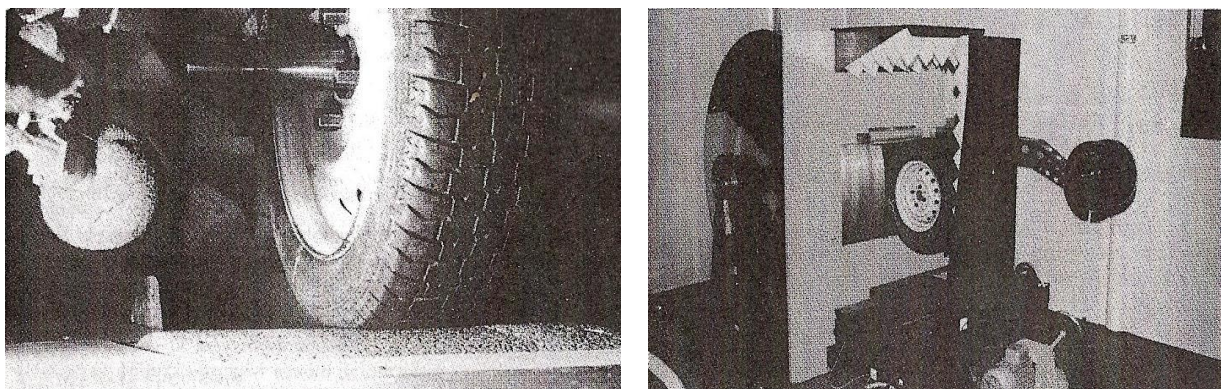
Ich podział przedstawiono na rysunku 5.



Rys. 5. Podział metod badania hałaśliwości opon

Fig. 5. The division of methods of tires noise research

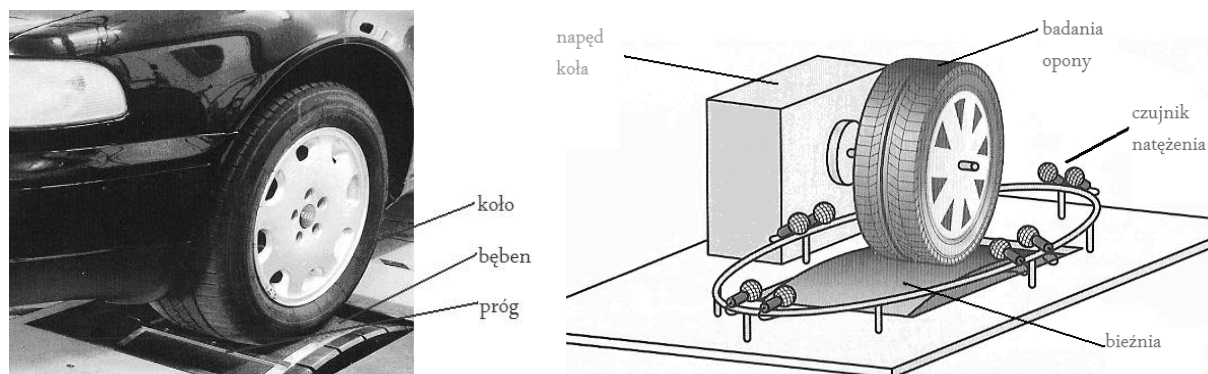
Z uwagi na rodzaj konstrukcji stanowisk do badania hałaśliwości opon często metody stanowiskowe nazywa się bębnowymi. Podczas badania koło toczy się po powierzchni wirującego bębna. W zależności od konstrukcji oraz elementu czynnego podczas badania rozróżniamy stanowiska, w których koło toczy się po wewnętrznej lub zewnętrznej powierzchni bębna (rys. 6). Stanowisko, w którym powierzchnią toczną jest zewnętrzna powierzchnia bębna, umożliwia badania opon zabudowanych w pojazdach z symulacją różnych powierzchni drogowych. Elementem czynnym może być bęben, który napędza wolnobieżne koło w celu wyeliminowania dodatkowych źródeł hałasu, jakim jest np. silnik pojazdu. Rzadziej w badaniach hałasu stosowane są stanowiska bębnowe, w których powierzchnią toczną jest wewnętrzna powierzchnia bębna. Wadami tej metody są: wpływ krzywizny bębna na współpracę opony z nawierzchnią oraz zmienne pole akustyczne, wynikające z obwodowego ruchu badanego koła po bieżni bębna.



Rys. 6. Urządzenia stosowane w metodzie bębnowej, z lewej strony z bębnem zewnętrznym, z prawej – z bębmem wewnętrznym

Fig. 6. Equipment used in the method of drum, on the left side of the outer drum to the right of the inner drum

Badania stanowiskowe powinny symulować warunki eksploatacyjne opon. Jednym z nich jest przejazd przez przeszkodę – badania na maszynie bieżnej, czyli na obrotowej platformie złożonej z bębna, na którym zamontowany jest prostokątny próg. Miernik dźwięku umieszczony jest w miejscu, gdzie powinno znajdować się prawe ucho kierowcy. Poziom akustyczny mierzy się przy obrotach ze stałymi prędkościami w zakresie od 20 do 100 km/h, ze stopniowaniem co 10 km/h. Platformy obrotowe stosuje się także do pomiaru hałasu generowanego przez rzeźby bieżnika. W celu wyeliminowania dodatkowych mechanizmów generujących hałas toczącego się koła stosuje się gładką powierzchnię bębna. Opona, ze względu na kształt powierzchni kontaktu, emituje fale dźwiękowe w kształcie eliptycznym, dlatego czujniki natężenia dźwięku rozmieszczone są na obwodzie w kształcie elipsy [7].

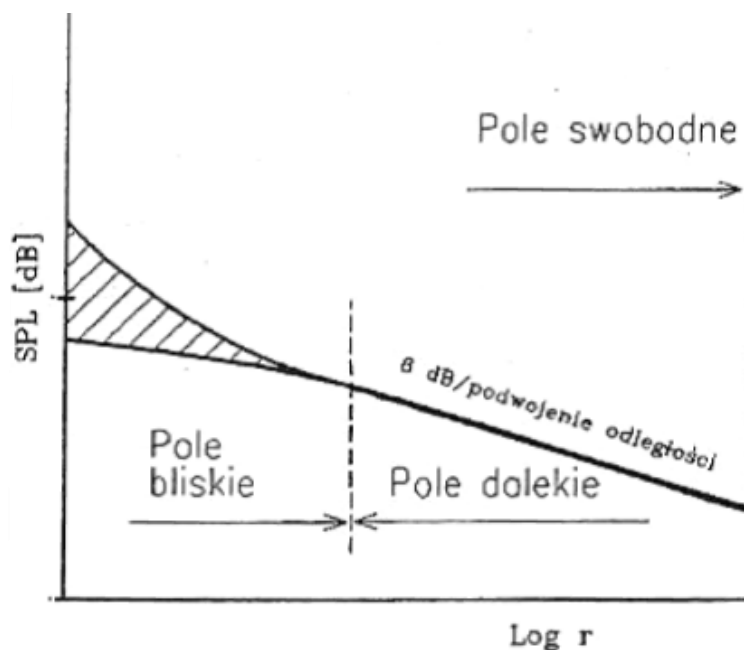


Rys. 7. Nowsze rozwiązania stosowane w metodach bębnowych [7]

Fig. 7. Newer solutions used in the methods of drum [7]

W celu zapewnienia powtarzalności i wiarygodności pomiarów bardzo ważne jest prawidłowe określenie punktów pomiarowych. Należy więc szczegółowo przeanalizować rozkład natężeń dźwięków w określonych kształtem i odległością od źródła polach akustycznych. Badania wykazały, że w pobliżu pulsującej kuli cząsteczki powietrza drgają nie w kierunku promieniowym, a ich prędkość jest przesunięta o kąt fazowy względem ciśnienia akustycznego. Drgania te nazywane są pseudodźwiękami. Obszar występowania tego zjawiska nazywa się polem bliskim. Charakteryzuje się on tym, że w całym jego obszarze natężenie dźwięku zależy nie tylko od odległości od źródła dźwięku, ale również od charakterystyki promieniowania źródła dźwięku. Kolejny obszar akustyczny to pole dalekie, w którym kierunki drgań cząsteczek powietrza pokrywają się dokładnie z kierunkiem rozchodzenia się fali oraz w którym występuje zgodność faz między prędkością cząsteczek a ciśnieniem. Jeśli pole dalekie znajduje się w otwartej

przestrzeni, to ono polem swobodnym. W praktyce przyjmuje się, że warunki dla pola dalekiego są spełnione w odległości od źródła dźwięku większej od długości fali lub dwa razy większej od największego wymiaru tego źródła. Charakterystyka zależności rejestrowanego poziomu natężenia dźwięku (SPL) od odległości od źródła została przedstawiona na rysunku 6. Jak widać liniowa zależność występuje w polu dalekim. W opracowaniach profesora Jerzego Ejsmonta (powołując się na wyniki wieloletnich badań hałasu opon) stwierdzono, że w praktyce pomiarowej, pomimo teoretycznych zastrzeżeń związanych z umiejscowieniem mikrofonu, wyniki pomiarów są bardzo powtarzalne i zgodne z wynikami pomiarów, uzyskanymi za pomocą metody wybiegu.



Rys. 8. Charakterystyka zależności poziomu natężenia dźwięku od odległości od jego źródła
 Fig. 8. Characteristics of sound intensity levels depending on the distance from its source

4. PODSUMOWANIE

Poza przedstawionymi w artykule metodami badania hałaśliwości opon samochodowych istnieje także grupa specjalnych metod badań. Pozwalają one na identyfikację zjawisk i mechanizmów generowania dźwięków w oponach. Pomiary nie ograniczają się tylko do ciśnienia akustycznego, ale mierzy się także inne wielkości fizyczne. Przykładem są badania drgań elementów opony za pomocą przetworników czujników przyspieszeń lub wibrometrów laserowych, przy jednoczesnym doprowadzeniu helu w miejsce styku opony z nawierzchnią. Taka metodyka badań umożliwia analizę widmową dźwięku oraz identyfikację składowych pochodzących od drgań słupów powietrza zamkniętych w rowkach bieżnika, które stanowią istotny mechanizm generowania dźwięku.

Badania symulacyjne z wykorzystaniem o teoretycznych modeli weryfikowanych empirycznie przeznaczone są najczęściej do projektowania i oceny nowych rzeźb bieżnika.

Na podstawie wiadomości teoretycznych i przeglądu aktualnych oraz nieco starszych metod badań zaprojektowano stanowisko do badań hałaśliwości opon samochodowych. Zostało ono rozbudowane o mechanizmy dodatkowych obciążeń eksploatacyjnych z możliwością analizy toczenia po różnych nawierzchniach, przy zachowaniu powierzchni styku opona-droga zbliżonej do warunków rzeczywistych.

Bibliografia

1. Burdzik R., Konieczny Ł.: Research into noise emissions by a car combustion engine exhaust system. Zeszyty Naukowe Akademii Marynarki Wojennej, rok LII nr 1 (184), 2011.
2. Burdzik R., Konieczny Ł.: Wpływ wybranych uszkodzeń silnika pojazdu samochodowego na poziom generowanego hałasu. VII Sympozjum Naukowo-Techniczne „Silniki spalinowe w zastosowaniach wojskowych”, Czernica, 17-20 października 2010.
3. Stańczak-Strząska M.: Ochrona środowiska w transporcie. Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, Kraków 2007.
4. Trzeciak K.: Diagnostyka samochodów osobowych. WKiŁ, Warszawa 2005.
5. Alexandre J-Ph., Barde C., Lamure, Langdong F.J.: Road Traffic Noise. Applied Science Publishers, London 1975.
6. Ejsmont J., Ronowski G.: Hałas pojazdów w trakcie manewrowania z małymi prędkościami - model CP2009, cz. 1-3, edroga.pl, EKKOM, Kraków 2010.
7. Michelin: Opona a komfort mechaniczny i akustyczny. Societe de Technologie Michelin, 2002.
8. Parnak D.: Badanie hałaśliwości opon samochodowych. Praca inżynierska napisana pod kierunkiem dr. inż. Rafała Burdzika, Politechnika Śląska, Wydział Transportu, Katowice 2010.
9. Bensi M.: Projekt i wykonanie stanowiska do pomiaru hałasu opon, praca inżynierska napisana pod kierunkiem dr. inż. Rafała Burdzika, Politechnika Śląska, Wydział Transportu, Katowice 2008.
10. Oleksiak B., Nisler M.: Wybrane zagadnienia z ochrony środowiska dla studentów Wydziału Inżynierii Materiałowej i Metalurgii. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2009.