

WPŁYW WYBRANYCH WARUNKÓW EKSPLOATACYJNYCH NA HAŁAS SAMOCHODÓW OSOBOWYCH

Streszczenie

Stale zwiększająca się liczba pojazdów coraz bardziej zwiększa zagrożenie jakie niesie ze sobą hałas samochodowy. Zarówno hałas zewnętrzny, czyli emitowany do otoczenia, jak i wewnętrzny – działający na ludzi we wnętrzu pojazdu jest zjawiskiem niepozostającym obojętnym dla zdrowia i samopoczucia człowieka. W artykule przedstawiono wyniki badań mających na celu analizę wpływu wybranych warunków eksploatacyjnych samochodów osobowych na hałas odczuwalny zarówno wewnątrz, jak i na zewnątrz pojazdu.

WSTĘP

Rozwój motoryzacji powoduje wystąpienie licznych zagrożeń dla środowiska. Do jednych z najbardziej uciążliwych należy hałas emitowany przez poruszające się pojazdy. Hałas niekorzystnie oddziałuje nie tylko na ludzi będących we wnętrzu pojazdu, ale również znajdujących się na zewnątrz.

Ze względów ekologicznych obecnie powszechne jest dążenie do obniżenia hałasu środków transportu. Dotyczy to zarówno hałasu zewnętrznego, czyli emitowanego do otoczenia, jak i wewnętrznego – działającego na ludzi we wnętrzu pojazdów. Zapobieganie szkodliwemu działaniu zjawisk hałasu samochodów wymaga prawidłowej oceny jego źródeł i przyczyn. Hałas emitowany przez samochód będący w ruchu pochodzi głównie od: pracy silnika i zespołów napędowych, toczenia się kół po nawierzchni drogi, innych czynników, jak np. hałas aerodynamiczny związany z kształtem pojazdu.

Ważnym czynnikiem wpływającym również na hałas jest prędkość jazdy samochodu. Przy prędkościach niższych podczas jazdy na niższych biegach, dominujący jest hałas pochodzący od zespołów napędowych. Przy prędkościach wyższych głównym źródłem hałasu staje się toczenie kół po nawierzchni.

Większość pojazdów emituje hałas o poziomie dźwięku (A) od 85 do 94 [dB]. Największym zagrożeniem są pojazdy ciężkie (samochody ciężarowe i autobusy), z których 80% emituje hałas o poziomie dźwięku (A) większym od 80 [dB].

Warunki jakie powinny spełniać pojazdy samochodowe pod względem emitowanego przez nie hałasu określają szczegółowo Polskie Normy [30, 31].

Człowiek nie może przebywać dłuższy czas w kompletnej ciszy, ale także nie może przebywać bez szkody na zdrowiu w nadmiernym hałasie. Hałas, czyli dźwięk przeszkadzający lub uszkadzający, oddziałuje nie tylko na narząd słuchu, mogąc go uszkodzić przy dużej intensywności, ale i na całe ciało wywołując szkodliwe zmiany. Przebywanie w hałasie o dużym poziomie i to przez dłuższy okres powoduje po-wstanie trwałych ubytków słuchu.

Szkodliwe działanie na organizm ludzki, oprócz dźwięków słyszalnych, mają również infradźwięki i ultradźwięki, a więc fale o częstotliwości od 0,1 do 20 [Hz] (infradźwięki) i powyżej przedziału 16 000–20 000 [Hz] (ultradźwięki). Infradźwięki działające na organizm ludzki powodują bóle głowy, mdłości podobne jak przy chorobie morskiej, oczopląs z zamazaniem ostrości widzenia, zaburzenie zmysłu równowagi i ogólne zmęczenie. Zwłaszcza te ostatnie objawy w połączeniu z wydłużeniem czasu reakcji na bodźce zewnętrzne mogą mieć duży wpływ na zwiększenie liczby wypadków u kierowców samochodów ciężarowych z silnikami ZS, które są głównymi

mi emiterami drgań infraakustycznych. Przy dłuższym oddziaływaniu drgań infraakustycznych na organizm ludzki może nastąpić zaburzenie procesów fizjologicznych i uszkodzenie wewnętrznych narządów organizmu człowieka. Długotrwałe oddziaływanie drgań ultraakustycznych na organizm człowieka może wywołać niedomagania układu krążenia, uszkodzenie wewnętrznych narządów oraz miejscowe uszkodzenie tkanek. Znane są również przypadki śmierci osób, które zostały poddane drganiom akustycznym spowodowanymi działaniem silników odrzutowych.

Hałas od wielu lat jest w kręgu zainteresowania w licznych ośrodkach na całym świecie [1-29].

W artykule przedstawiono analizę hałasu działającego na kierowcę i pasażerów w samochodach osobowych. Została przeprowadzona analiza wpływu wybranych warunków eksploatacyjnych samochodów osobowych na emitowany poziom hałasu.

1. OPIS BADAŃ

Celem przeprowadzonych badań była analiza hałasu odczuwalnego wewnątrz i na zewnątrz pojazdu samochodowego. Jako obiekt badań posłużyły następujące samochody osobowe:

- Renault Laguna,
- Daweo Matiz,
- Renault Megane Coupe,
- Suzuki Baleno.

Przeprowadzono następujące pomiary hałasu:

- wewnątrz pojazdu,
 - podczas przyspieszania samochodu na poszczególnych biegach,
 - podczas jazdy samochodu ze stałą prędkością,
 - z zamkniętymi oknami,
 - z otwartym oknem od strony pasażera,
 - podczas jazdy ze stałą prędkością 70 [km/h] z wykorzystaniem filtra oktawowego,
- na biegu jałowym,
 - z wyłączoną dmuchawą nawiewu powietrza,
 - z włączoną dmuchawą nawiewu powietrza,
- na zewnątrz pojazdu,
 - na biegu jałowym,
 - bezpośrednio przy pojeździe,
 - w odległości 7,5 [m] od pojazdu.

Pomiarów hałasu dokonano dla następujących stałych wartości prędkości jazdy samochodów:

- 50 [km/h] dla biegu trzeciego,
- 60 [km/h] dla biegu czwartego,
- 70 [km/h] dla biegu czwartego,
- 80 [km/h] dla biegu czwartego,
- 100 [km/h] dla biegu piątego,
- 120 [km/h] dla biegu piątego.

Hałas podczas przyspieszania samochodów badano dla następujących warunków:

- bieg pierwszy – do 30 [km/h],
- bieg drugi – do 50 [km/h],
- bieg trzeci – do 80 [km/h],
- bieg czwarty – do 100 [km/h],
- bieg piąty – do 120 [km/h].

Przed przystąpieniem do badań silnik i zespoły podwozia pojazdów rozgrzane były do normalnej temperatury eksploatacyjnej. Warunki pracy silnika, rodzaj paliwa, olejów, ustawienie zapłonu lub pompy wtryskowej oraz rodzaj ogumienia i ciśnienia w ogumieniu były zgodne z instrukcją fabryczną. Podczas pomiarów (z wyłączeniem wybranych badań) wszystkie okna były zamknięte, a wycieraczki szyb, dmuchawy ogrzewania i wentylacji były wyłączone. Układ chłodzenia silnika pracował normalnie.

W trakcie pomiarów wewnątrz samochodu znajdował się kierowca oraz osoba przeprowadzająca pomiary. Pomiary przeprowadzono na drodze twardej, prostej, równej, bez pośladków i innych zniekształceń, suchej, o nawierzchni asfaltowej w dobrym stanie

technicznym, wolnej od zanieczyszczeń. Warunki atmosferyczne były zgodne z normą PN-90/S-04052.

Do badań użyto całkującego miernika poziomu dźwięku IM 10 zgodnego z PN-79/T-06460 oraz spełniającego wymagania norm IEC 651 i IEC 804 dla urządzeń 1 klasy dokładności. Przed przystąpieniem do badań został on wycechowany przy pomocy odpowiedniego kalibratora. Przyrząd wyposażony był w mikrofon pojemnościowy, wzmacniacz, filtry A, C i Lin. oraz miernik cyfrowy. Miernik umożliwił pomiar wielkości L_{eq} – równoważny poziom dźwięku charakterystyki A [dB(A)], oraz analizę widmową poziomu ciśnienia akustycznego. Wyposażony był w zestaw filtrów oktaowych. Pomiary dokonywano w pasmach oktaowych o częstotliwościach środkowych 31,5 [Hz], 63 [Hz], 125 [Hz], 500 [Hz], 1 [kHz], 2 [kHz], 4 [kHz], 8 [kHz].

Wszystkie pomiary były wykonywane trzykrotnie w celu uniknięcia wystąpienia znaczących błędów pomiarowych.

2. WYNIKI BADAŃ

W efekcie przeprowadzonych badań, otrzymano następujące wyniki:

- Renault Laguna – tabele od 1 do 6,
- Daweo Matiz – tabele od 7 do 12,
- Renault Megane – tabele od 13 do 18,
- Suzuki Baleno – tabele od 19 do 24.

Tab. 1. Hałas wewnątrz pojazdu podczas przyspieszania na poszczególnych biegach

Numer biegu: Prędkość jazdy:	bieg I 30 [km/h]	bieg II 50 [km/h]	bieg III 80 [km/h]	bieg IV 100 [km/h]	bieg V 120 [km/h]
Poziom hałas [dB]					
L _A	66,9	68,7	70,3	71,3	71,7
	66,9	69,9	69,7	70,6	72,1
	65,8	69,2	70,3	71,5	72,4

Tab. 2. Hałas wewnątrz pojazdu przy jeździe ze stałą prędkością przy zamkniętych oknach

Numer biegu: Prędkość jazdy:	bieg III 50 [km/h]	bieg IV 60 [km/h]	bieg IV 70 [km/h]	bieg IV 80 [km/h]	bieg V 100 [km/h]	bieg V 120 [km/h]
Poziom hałas [dB]						
L _A	63,1	64,6	64,6	65,4	67,8	73,2
	63,1	63,4	64,8	66,2	67,9	74,1
	63,1	64,4	64,6	66,5	67,9	73,8

Tab. 3. Hałas wewnątrz pojazdu przy jeździe ze stałą prędkością przy otwartym oknie

Numer biegu: Prędkość jazdy:	bieg III 50 [km/h]	bieg IV 60 [km/h]	bieg IV 70 [km/h]	bieg IV 80 [km/h]	bieg V 100 [km/h]	bieg V 120 [km/h]
Poziom hałas [dB]						
L _A	63,9	66,9	66,9	69,9	74,7	80,0
	63,9	67,2	67,5	69,9	75,2	79,7
	63,7	66,8	67,0	70,3	74,9	79,5

Tab. 4. Hałas wewnątrz pojazdu z wykorzystaniem filtra oktawowego

Częstotliwość [Hz]	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Poziom hałasu [dB]									
Bieg: jałowy Prędkość jazdy: 0 [km/h]	87,6	63,9	46,9	42,4	39,4	29,9	22,1	15,9	15,1
	87,6	63,9	47,2	42,2	38,7	29,9	22,5	16,9	15,4
	87,2	63,9	46,9	43,4	39,0	29,9	22,1	16,1	15,5
Bieg: IV Prędkość jazdy: 70 [km/h]	93,4	87,3	73,9	63,9	57,7	53,9	43,9	32,9	22,1
	92,0	87,5	73,0	63,9	58,7	53,9	43,9	34,7	22,1
	94,1	87,1	73,0	63,9	58,0	52,9	44,2	33,9	22,1

Tab. 5. Hałas wewnątrz pojazdu na postoju

	Wyłączona dmuchawa nawiewu powietrza	Włączona dmuchawa nawiewu powietrza
Poziom hałasu [dB]		
L _A	47,2	66,8
	46,8	67,2
	47,0	67,3

Tab. 6. Hałas na zewnątrz pojazdu na postoju

	Bezpośrednio przy samochodzie	W odległości 7,5 [m] od samochodu
Poziom hałasu [dB]		
L _A	56,9	51,7
	56,0	52,9
	55,4	52,9

Tab. 7. Hałas wewnątrz pojazdu podczas przyspieszania na poszczególnych biegach

Numer biegu: Prędkość jazdy:	bieg I 30 [km/h]	bieg II 50 [km/h]	bieg III 80 [km/h]	bieg IV 100 [km/h]	bieg V 120 [km/h]
Poziom hałasu [dB]					
L _A	66,2	67,6	69,0	70,8	72,7
	64,9	68,5	70,4	71,7	72,9
	65,2	68,0	70,4	71,3	73,0

Tab. 8. Hałas wewnątrz pojazdu przy jeździe ze stałą prędkością przy zamkniętych oknach

Numer biegu: Prędkość jazdy:	bieg III 50 [km/h]	bieg IV 60 [km/h]	bieg IV 70 [km/h]	bieg IV 80 [km/h]	bieg V 100 [km/h]	bieg V 120 [km/h]
Poziom hałasu [dB]						
L _A	64,9	66,0	66,5	68,6	71,3	74,0
	64,7	66,7	67,7	68,1	71,3	73,9
	64,3	66,4	66,6	68,4	71,1	74,6

Tab. 9. Hałas wewnątrz pojazdu przy jeździe ze stałą prędkością przy otwartym oknie

Numer biegu: Prędkość jazdy:	bieg III 50 [km/h]	bieg IV 60 [km/h]	bieg IV 70 [km/h]	bieg IV 80 [km/h]	bieg V 100 [km/h]	bieg V 120 [km/h]
Poziom hałasu [dB]						
L _A	66,6	67,4	69,9	72,0	76,0	80,4
	66,2	67,0	69,2	71,8	77,4	80,4
	66,0	67,5	69,7	71,5	77,7	80,6

Tab. 10. Hałas wewnątrz pojazdu z wykorzystaniem filtra oktawowego

Częstotliwość [Hz]	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Poziom hałas [dB]									
Bieg: jałowy Prędkość jazdy: 0 [km/h]	75,4	63,9	49,7	44,7	41,1	31,7	26,9	19,9	16,9
	76,0	62,2	49,8	44,5	41,4	29,9	26,9	20,9	16,5
	74,1	62,2	49,4	45,4	41,1	31,7	26,9	19,9	16,5
Bieg: IV Prędkość jazdy: 70 [km/h]	95,3	90,0	76,5	66,9	65,8	57,3	53,9	42,1	26,9
	93,7	89,3	76,0	68,4	66,2	58,0	53,9	43,9	26,5
	95,0	88,0	75,4	68,5	64,9	56,5	52,9	42,1	26,9

Tab. 11. Hałas wewnątrz pojazdu na postoju

	Wyłączona dmuchawa nawiewu powietrza	Włączona dmuchawa nawiewu powietrza
Poziom hałas [dB]		
L _A	42,7	62,1
	42,4	62,1
	42,7	62,2

Tab. 12. Hałas na zewnątrz pojazdu na postoju

	Bezpośrednio przy samochodzie	W odległości 7,5 [m] od samochodu
Poziom hałas [dB]		
L _A	53,4	48,7
	52,8	48,1
	53,0	49,4

Tab. 13. Hałas wewnątrz pojazdu podczas przyspieszania na poszczególnych biegach

Numer biegu: Prędkość jazdy:	bieg I 30 [km/h]	bieg II 50 [km/h]	bieg III 80 [km/h]	bieg IV 100 [km/h]	bieg V 120 [km/h]
Poziom hałas [dB]					
L _A	66,6	68,2	69,5	71,3	72,6
	66,0	68,6	68,9	70,0	73,5
	66,4	67,8	69,4	70,9	73,5

Tab. 14. Hałas wewnątrz pojazdu przy jeździe ze stałą prędkością przy zamkniętych oknach

Numer biegu: Prędkość jazdy:	bieg III 50 [km/h]	bieg IV 60 [km/h]	bieg IV 70 [km/h]	bieg IV 80 [km/h]	bieg V 100 [km/h]	bieg V 120 [km/h]
Poziom hałas [dB]						
L _A	63,4	63,3	65,1	66,0	68,8	73,7
	64,4	63,6	66,5	67,1	68,8	73,4
	63,4	63,9	65,2	67,5	69,3	73,5

Tab. 15. Hałas wewnątrz pojazdu przy jeździe ze stałą prędkością przy otwartym oknie

Numer biegu: Prędkość jazdy:	bieg III 50 [km/h]	bieg IV 60 [km/h]	bieg IV 70 [km/h]	bieg IV 80 [km/h]	bieg V 100 [km/h]	bieg V 120 [km/h]
Poziom hałas [dB]						
L _A	65,4	66,5	68,0	70,6	75,3	80,0
	64,8	66,5	68,8	70,8	74,2	79,8
	64,2	66,5	69,2	71,5	73,9	80,4

Tab. 16. Hałas wewnątrz pojazdu z wykorzystaniem filtra oktawowego

Częstotliwość [Hz]	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Poziom hałasu [dB]									
Bieg: jałowy Prędkość jazdy: 0 [km/h]	71,8	57,3	46,9	40,5	37,3	34,7	26,9	19,9	16,1
	71,3	55,4	46,9	39,4	38,0	33,9	26,9	17,9	16,9
	72,4	56,5	46,9	40,1	37,7	34,7	26,9	17,9	15,1
Bieg: IV Prędkość jazdy: 70 [km/h]	87,5	84,9	74,1	66,5	62,7	56,0	49,9	40,1	26,9
	89,8	85,6	74,8	66,9	62,3	56,0	51,7	39,4	26,4
	87,9	85,7	75,1	67,5	62,5	56,0	51,7	39,4	25,8

Tab. 17. Hałas wewnątrz pojazdu na postoju

	Wyłączona dmuchawa nawiewu powietrza	Włączona dmuchawa nawiewu powietrza
Poziom hałasu [dB]		
L _A	40,1	69,0
	40,5	68,7
	40,5	68,7

Tab. 18. Hałas na zewnątrz pojazdu na postoju

	Bezpośrednio przy samochodzie	W odległości 7,5 [m] od samochodu
Poziom hałasu [dB]		
L _A	54,7	52,9
	55,4	51,7
	54,7	51,7

Tab. 19. Hałas wewnątrz pojazdu podczas przyspieszania na poszczególnych biegach

Numer biegu: Prędkość jazdy:	bieg I 30 [km/h]	bieg II 50 [km/h]	bieg III 80 [km/h]	bieg IV 100 [km/h]	bieg V 120 [km/h]
Poziom hałasu [dB]					
L _A	66,9	69,9	71,9	71,1	72,1
	68,0	69,9	70,0	70,9	72,8
	66,5	68,7	70,9	72,0	72,7

Tab. 20. Hałas wewnątrz pojazdu przy jeździe ze stałą prędkością przy zamkniętych oknach

Numer biegu: Prędkość jazdy:	bieg III 50 [km/h]	bieg IV 60 [km/h]	bieg IV 70 [km/h]	bieg IV 80 [km/h]	bieg V 100 [km/h]	bieg V 120 [km/h]
Poziom hałasu [dB]						
L _A	63,3	62,8	63,2	66,5	68,1	72,3
	63,0	63,3	64,5	67,0	68,5	71,9
	63,2	63,5	65,7	67,1	67,9	72,0

Tab. 21. Hałas wewnątrz pojazdu przy jeździe ze stałą prędkością przy otwartym oknie

Numer biegu: Prędkość jazdy:	bieg III 50 [km/h]	bieg IV 60 [km/h]	bieg IV 70 [km/h]	bieg IV 80 [km/h]	bieg V 100 [km/h]	bieg V 120 [km/h]
Poziom hałasu [dB]						
L _A	65,4	65,1	69,3	73,4	78,0	80,1
	64,2	66,8	71,1	72,1	77,3	81,9
	65,2	65,9	71,0	72,9	78,0	81,5

Tab. 22. Hałas wewnątrz pojazdu z wykorzystaniem filtra oktawowego

Częstotliwość [Hz]	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Poziom hałas [dB]									
Bieg: jałowy Prędkość jazdy: 0 [km/h]	91,8	63,9	53,7	51,4	46,7	37,3	29,9	18,4	16,9
	92,3	63,9	54,0	51,2	45,7	36,4	29,9	19,9	17,4
	92,6	63,9	54,1	51,7	45,5	37,3	29,9	19,9	16,5
Bieg: IV Prędkość jazdy: 70 [km/h]	87,5	83,6	73,0	69,6	62,2	56,9	46,9	37,9	24,7
	86,6	82,8	71,4	69,3	62,6	55,4	46,9	38,0	23,9
	88,5	82,3	72,9	68,5	61,9	56,9	47,0	37,9	24,2

Tab. 23. Hałas wewnątrz pojazdu na postoju

	Wyłączona dmuchawa nawiewu powietrza	Włączona dmuchawa nawiewu powietrza
Poziom hałas [dB]		
L _A	50,5	68,0
	50,8	67,7
	51,1	68,2

Tab. 24. Hałas na zewnątrz pojazdu na postoju

	Bezpośrednio przy samochodzie	W odległości 7,5 [m] od samochodu
Poziom hałas [dB]		
L _A	61,7	53,9
	61,4	53,9
	60,7	54,7

PODSUMOWANIE

Przeprowadzone badania hałasu oraz analiza poszczególnych wyników pozwalają na sformułowanie następujących wniosków końcowych:

- poziom hałasu wewnętrznego zwiększa się wraz ze wzrostem prędkości;
- poziom hałasu podczas przyspieszania na poszczególnych biegach, przy prędkościach nieprzekraczających 80 [km/h], jest o około 5 [dB] wyższy niż podczas jazdy ze stałymi prędkościami. W przedziale prędkości od 80 do 120 [km/h] różnica wartości hałasu maleje do kilku decybeli;
- podczas jazdy przy niskich prędkościach dominuje hałas zespołu napędowego. Wraz ze wzrostem prędkości jazdy dominującym staje się hałas toczenia opon oraz hałas aerodynamiczny;
- otwarcie okna podczas jazdy samochodem powoduje znaczne zwiększenie poziomu hałasu wewnętrznego, powodując przekroczenie 80 [dB]. Przy małych prędkościach jazdy różnica poziomu hałasu, w porównaniu do jazdy z oknem zamkniętym, jest niewielka. Jej poziom rośnie wraz ze wzrostem prędkości jazdy. Przy prędkościach przekraczających 120 [km/h] wynosiła około 10 [dB];
- pomiary przeprowadzone z użyciem filtra oktawowego o zakresie częstotliwości od 31,5 [Hz] do 8 [kHz] wykazały, że hałas wewnętrzny emitowany przez pojazdy samochodowe osiągał największe wartości (przekraczające 90 [dB]) w pasmach niskich częstotliwości;
- pomiary hałasu emitowanego na zewnątrz pojazdu wykazały, że z grupy badanych samochodów naj-wyższe wartości emitowanego hałasu osiągnął pojazd o największym przebiegu i zużyciu eksploatacyjnym.

Z grupy pojazdów, które uczestniczyły w badaniach żaden nie przekroczył dopuszczalnych wartości poziomu hałasu emitowanego do wnętrza pojazdu oraz na zewnątrz. Warto jednak zwrócić uwagę, że pomiary wykonywane były na drodze o dobrym stanie technicznym, przy dobrych warunkach atmosferycznych. Codzienna jazda samochodem często odbiega od takich warunków, co w istotny sposób wpływa na wartości emitowanego hałasu.

BIBLIOGRAFIA

1. Basztura C., Źródła, sygnały i obrazy akustyczne. Wydawnictwo Komunikacji i Łączności. Warszawa 1988.
2. Cempel C., Wibroakustyka stosowana. Państwowe Wydawnictwo Naukowe. Warszawa 1989.
3. Chłopek Z., Ochrona środowiska naturalnego. Warszawa 2002.
4. Czajka J., Pomiary drgań i hałasu na stanowiskach pracy w transporcie. Wydawnictwo Komunikacji i Łączności. Warszawa 2002.
5. Czeskin M.S., Człowiek i hałas. Państwowe Wydawnictwo Naukowe. Warszawa 1996.
6. Engel Z., Ochrona środowiska przed drganiami i hałasem. Warszawa 2001.
7. Engel Z., Kowal J., Sterowanie procesami wibroakustycznymi. Wydawnictwo AGH. Kraków 1995.
8. Engel Z., Pleban D., Hałas maszyn i urządzeń - źródła, ocena. Wydawnictwo CIOP. Warszawa 2001.
9. Giergiel J., Drgania układów mechanicznych. Kraków 1980.
10. Giergiel J., Tłumienie drgań mechanicznych. Warszawa 1990.
11. Grega R., Homišin J., Kaššay P., Krajiňák J., The analyse of vibrations after changing shaft coupling in drive belt conveyer. Scientific Journal of Silesian University of Technology. Series Transport. 2011. Vol. 72.

12. Grzegorzczak L., Walaszek M., Drgania i ich oddziaływanie na organizm ludzki. Warszawa 1996.
13. Harachová D., Medvecká-Beňová S., Applying the modularity principle in design of drive systems in mechanotherapeutic devices. Grant Journal. 2013. Vol. 2, no. 2.
14. Harazin B., Narażenia na wibracje i zasady postępowania profilaktycznego. Instytut Medycyny i Zdrowia Środowiskowego Sosnowiec 1997.
15. Harazin B., Hałas i wibracje występujące jednocześnie w środowisku pracy. Instytut Medycyny i Zdrowia Środowiskowego. Sosnowiec 1997.
16. Homišin J., Dostrajanie układów mechanicznych drgających skrętnie przy pomocy sprzęgieł pneumatycznych: kompendium wyników pracy naukowo-badawczych. Wydawnictwo ATH. Bielsko-Biała 2008.
17. Koton J., Drgania mechaniczne. Warszawa 1998.
18. Koton J., Harazin B., Skutki zdrowotne zawodowego narażenia na drgania miejscowe. Warszawa 2000.
19. Kucharski R.J., Hałas drogowy. Wydawnictwo Komunikacji i Łączności. Warszawa 1979.
20. Łączkowski R., Wibroakustyka maszyn i urządzeń. Wydawnictwo Naukowo-Techniczne. Warszawa 1983.
21. Makarewicz R., Dźwięk w środowisku. OWN. Poznań 1994.
22. Makarewicz G., Matuszewski G., Morzyński L., Wybrane praktyczne zastosowania metod aktywnych do redukcji hałasu. Centralny Instytut Ochrony Pracy. Warszawa 2003.
23. Medvecká-Beňová S., Vojtková J., Analysis of asymmetric tooth stiffness in eccentric elliptical gearing. Technológ. 2013. Roč. 5, č. 4.
24. Merksiz J., Wpływ motoryzacji na skażenie środowiska naturalnego. Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej. Poznań 1994.
25. Piechna J., Podstawy aerodynamiki pojazdów. Wydawnictwo Komunikacji i Łączności. Warszawa 2000.
26. Puškár M., Bigoš P., Puškárová P., Accurate measurements of output characteristics and detonations of motorbike high-speed racing engine and their optimization at actual atmospheric conditions and combusted mixture composition. Measurement. 2012. Vol. 45.
27. Puzyna C., Ochrona środowiska przed hałasem. Wydawnictwo Naukowo-Techniczne. Warszawa 1982.
28. Urbanský M., Homišin J., Krajňák J., Analysis of the causes of gaseous medium pressure changes in compression space of pneumatic coupling. Transactions of the Universities of Košice. 2011. Vol. 2.
29. Zuber N., Bajrić R., Šostakov R., Gearbox faults identification using vibration signal analysis and artificial intelligence methods. Eksploatacja i Niezawodność - Maintenance And Reliability. 2014. No 16(1).
30. PN-92-S-04051. Pojazdy samochodowe i motorowery. Dopuszczalny poziom hałasu zewnętrznego.
31. PN-90-S-04052. Dopuszczalny poziom hałasu wewnątrz pojazdu.

EFFECT OF SELECTED OPERATING CONDITIONS TO NOISE OF PASSENGER CARS

Abstract

The increasing number of vehicles puts ever greater threat posed by the car noise. Both external noise, which is emitted into the environment as well as internal - acting on the people inside the vehicle is a phenomenon not remaining indifferent to the health and wellbeing of man. The article presents the results of a study to analyze the impact of selected operating conditions of passenger cars to perceptible noise both inside and outside the vehicle.

Autorzy:

inż. **Arkadiusz Wróbel** – Politechnika Śląska
prof. dr hab. inż. **Bogusław Łazarz** – Politechnika Śląska
dr hab. inż. **Piotr Czech** prof. nadzw. PŚ – Politechnika Śląska
dr inż. **Tomasz Matyja** – Politechnika Śląska
dr inż. **Mirosław Witaszek** – Politechnika Śląska