

mgr inż. PAWEŁ GÓRSKI
Centralny Instytut Ochrony Pracy
– Państwowy Instytut Badawczy

Sygnalizacja akustyczna w pojazdach uprzywilejowanych

Publikacja opracowana na podstawie wyników zadań badawczych wykonanych w ramach projektu celowego zamawianego nr 16-21 pn. „Wykonanie prototypu systemu aktywnej redukcji hałasu sygnalizatora ostrzegawczego wewnątrz pojazdu”

Sygnaly dźwiękowe emitowane przez maszyny i urządzenia lub ich operatorów informują, ostrzegają, bądź nakazują człowiekowi podjęcie określonych działań. Znajdują one szerokie zastosowanie w bardzo wielu dziedzinach życia. Można wyróżnić sygnaly mające wyłącznie charakter informacyjny, powiadamiające o upływie czasu, stanie urządzenia czy zaawansowaniu zachodzącego procesu oraz sygnaly ostrzegawcze – niosące informacje o niebezpieczeństwie i wymagające od człowieka podjęcia określonych działań. Mogą być to, w zależności od kategorii pilności: ostrzeżenia przed zagrożeniem życia, zdrowia lub mienia, nakazy udzielenia pomocy, ustąpienia pierwszeństwa lub inne.

Sygnaly ostrzegawcze można realizować na wiele sposobów, najskuteczniejsze są jednak sygnaly optyczne (świetlne) i akustyczne (dźwiękowe). Często stosuje się połączenie tych dwóch rodzajów sygnali. Wynika to z największego rozwinięcia u człowieka zmysłów wzroku i słuchu. Cenną cechą akustycznych sygnali ostrzegawczych jest fakt, że docierają do obszarów niedostępnych dla sygnali świetlnych. Jest to możliwe dzięki zjawisku odbicia i ugięcia fal dźwiękowych. Ma to szczególnie istotne znaczenie w warunkach ograniczonej widoczności lub silnego oświetlenia naturalnego lub sztucznego.

Prawidłowa percepcja dźwiękowego sygnalu ostrzegawczego jest możliwa przy odpowiedniej relacji charakteryzujących go wielkości w stosunku do wielkości charakteryzujących hałas występujący w tle, właściwości słuchu człowieka

odbierającego sygnal, materiałów pochłaniających dźwięk, odległości od źródła, stosowania ochronników słuchu oraz ogólnych warunków akustycznych [1].

Ze względu na mnogość zastosowań sygnali ostrzegawczych niemożliwe byłoby przeanalizowanie wszystkich spotykanych rodzajów. Z tego względu dalsza analiza będzie prowadzona pod kątem sygnali ostrzegawczych pojazdu uprzywilejowanego.

Przepisy prawne i normy definiujące właściwości sygnali ostrzegawczych

Kodeks drogowy nie określa ściśle charakterystyki emitowanych przez pojazd uprzywilejowany sygnali ostrzegawczych, istnieje jedynie następujący zapis: „pojazd uprzywilejowany – pojazd wysyłający sygnaly świetlne w postaci niebieskich świateł błyskowych i jednocześnie sygnaly dźwiękowe o zmiennym tonie, jadący z włączonymi światłami mijania lub drogowymi; określenie to obejmuje również pojazdy jadące w kolumnie, na której początku i na końcu znajdują się pojazdy uprzywilejowane wysyłające dodatkowo sygnaly świetlne w postaci czerwonego światła błyskowego” [2].

Norma PN-75/S-76006 *Właściwości akustyczne sygnali dwudźwiękowych pojazdów uprzywilejowanych w ruchu. Wymagania i badania*. [3] nie obejmuje używanych obecnie sygnali ostrzegawczych. Norma ta ogranicza się do stosowanych wówczas sygnali dwudźwiękowych, nie uwzględniając złożonych sygnali wielotonalnych, modulowanym widmie czy płynnie zmieniającej się amplitudzie.

W regulaminie nr 28 EKG ONZ *Jednolite przepisy dotyczących homologacji ostrzegawczych sygnali dźwiękowych i pojazdów samochodowych w zakresie ich sygnalizacji dźwiękowej* [4] oraz zgod-

nej z nim dyrektywie 70/388/EEC [5] można znaleźć wymagania dotyczące sygnali ostrzegawczych jednak nie dotyczą one sygnali pojazdów uprzywilejowanych. Opisywane w regulaminie i dyrektywie sygnaly są ciągłe i z reguły krótkotrwałe.

Regulacje dotyczące sygnali dźwiękowych można znaleźć także w rozporządzeniu ministra pracy i polityki społecznej z dnia 11 czerwca 2002 r. zmieniającym rozporządzenie w sprawie ogólnych przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy [6], w normie PN-EN 457 *Dźwiękowe sygnaly bezpieczeństwa. Wymagania ogólne, projektowanie i badania* [7]. Rozporządzenie i norma dotyczą wprowadzenia dźwiękowych sygnali bezpieczeństwa w miejscach pracy informujących zatrudnione osoby o szczególnych sytuacjach, niemniej jednak informacje dotyczące niektórych ich cech znajdują dobre odniesienie do sygnalu ostrzegawczego pojazdu uprzywilejowanego.

Wymienione rozporządzenie definiuje pojęcie sygnalu bezpieczeństwa i sygnalu dźwiękowego:

– „sygnal bezpieczeństwa” – sygnal świetlny i dźwiękowy, komunikat słowny lub sygnal ręczny, przekazujący informacje istotne dla zachowania bezpieczeństwa i ochrony zdrowia pracowników

– „sygnal dźwiękowy” – sygnal akustyczny (dźwiękowy) emitowany przez urządzenie przeznaczone do tego celu, bez użycia głosu ludzkiego i nieemitujące tego głosu, wskazujący na zaistnienie oraz – w razie potrzeby – trwanie i zakończenie niebezpiecznej sytuacji.

Obszar odbioru sygnalu określa miejsca w których znajdują się osoby mające rozpoznać sygnal i reagować na niego. W obszarze tym zwykle występuje hałas tła (hałas otoczenia) emitowany przez inne źródła niż dźwiękowy sygnal bezpieczeństwa.

Norma PN-EN 457 wyraźnie podkreśla, że decydującą cechą jakości dźwię-

kowego sygnału bezpieczeństwa jest jego rozpoznawalność w warunkach rzeczywistych. Każda osoba znajdująca się w obszarze odbioru sygnału powinna być w stanie go rozpoznać. Omawiany sygnał musi być wyraźnie słyszalny. W praktyce osiąga się to, gdy poziom dźwięku A sygnału jest wyższy niż 65 dB i przekracza poziom dźwięku A hałasu tła o co najmniej 15 dB. Częstotliwość dźwiękowego sygnału bezpieczeństwa powinna mieścić się w zakresie 300 ÷ 3000 Hz. Energia dźwiękowego sygnału bezpieczeństwa powinna być na tyle duża w zakresie częstotliwości poniżej 1500 Hz, aby umożliwić percepcję sygnału osobom z ubytkami słuchu lub noszącym ochronniki słuchu. Sygnał musi być jednoznaczny, a różne sygnały noszące informacje nie mogą być podobne. Każdy sygnał powinien wyraźnie różnić się od wszelkich pozostałych sygnałów ostrzegawczych i informacyjnych stosowanych w obszarze jego odbioru. Ponadto powinien on różnić się od hałasu otoczenia przynajmniej dwoma z trzech charakterystycznych wielkości: poziomem dźwięku, widmem lub przebiegiem w funkcji czasu. W praktyce nawet sygnały o niższym niż wymagany poziomie ciśnienia akustycznego są dobrze rozpoznawalne o ile ich widmo lub charakterystyka czasowa różnią się dostatecznie od analogicznych wielkości hałasu tła. Norma zwraca również uwagę, aby narastanie sygnału nie było zbyt gwałtowne (nie powinno być większe niż 30 dB w ciągu 0,5 s). W przeciwnym razie sygnał może przestraszyć ostrzegane osoby. Dźwiękowe sygnały bezpieczeństwa powinny mieć charakter pulsacyjny. Częstotliwość powtarzania impulsu powinna zawierać się w granicach 0,2 ÷ 5 Hz. Ponadto powinna ona być różna od częstotliwości pulsacji hałasu tła. Norma PN-EN 457 zaleca stosowanie sygnału, którego widmo zmienia się w czasie (np. modulowany ton wysokiej częstotliwości o charakterze świergotu lub sekwencja dźwięków o różnych wysokościach tonu). Czas trwania sygnału powinien być uzależniony od rodzaju i czasu trwania sytuacji niebezpiecznej [8].

Sygnał ostrzegawczy pojazdu uprzywilejowanego – propozycje

Sygnał ten nadawany jest przez znajdujący się w ruchu pojazd uprzywilejowany

wany celem sygnalizowania kierowcom innych pojazdów (odbiorcom) uczestniczących w ruchu drogowym, swojego zbliżania się, żądając ustąpienia pierwszeństwa przejazdu.

Obszar odbioru sygnału powinien rozciągać się do kilkuset metrów z przodu pojazdu uprzywilejowanego. W całym tym obszarze sygnał musi być dobrze rozpoznawalny niezależnie od warunków ruchu drogowego oraz powinien spełniać wymagania dotyczące dźwiękowego sygnału bezpieczeństwa. Mało prawdopodobne jest wykorzystywanie przez odbiorców sygnału ochronników słuchu, natomiast znaczne dodatkowe tłumienie wnosi kabina pojazdu, w której kierowca jest zamknięty. Częstotliwość sygnału powinna być zmienna i zawierać się w zakresie 300 ÷ 3000 Hz. Sygnał powinien być jednoznaczny, a jego poziom powinien być dostosowany do hałasu tła, według wytycznych zawartych w wymienionych wcześniej aktach prawnych. Hałas tła składa się przede wszystkim z hałasu ulicznego, generowanego przez pojazdy uczestniczące w ruchu drogowym. Istotnym składnikiem może być też dźwięk pochodzący z włączonego samochodowego radioodtwarzacza (o różnym widmie i poziomie ciśnienia akustycznego). Na hałas tła mogą również składać się dźwięki generowane przez klaksony samochodów, są one jednak jednotonowe i krótkotrwałe. Znacznie istotniejszy wpływ zakłócający mają samochodowe urządzenia antykradzieżowe (tzw. autoalarmy). Sygnały generowane przez nie są długotrwałe i mogą mieć podobną charakterystykę do sygnału ostrzegawczego pojazdu uprzywilejowanego. Jak widać, w szczególnych warunkach w otoczeniu odbiorcy mogą wystąpić hałasy o niekorzystnym widmie i charakterystyce czasowej, w istotny sposób utrudniające odbiór sygnału ostrzegawczego. Dlatego też, prowadzący pojazd uprzywilejowany

powinien mieć możliwość wyboru jednego z kilku rodzajów sygnałów spełniających opisywane wcześniej wymogi. Jeżeli pojazd ten znajduje się w ruchu, generowany przez niego sygnał dociera do odbiorcy zmieniony efektem Dopplera, co pozwala dodatkowo go wyróżnić. Złożoność hałasu tła, z którego musi wyróżniać się sygnał ostrzegawczy pojazdu uprzywilejowanego, zmusza do zastosowania odpowiednio dużego poziomu ciśnienia akustycznego sygnału. Istnieje także możliwość zastosowania sygnalizatorów adaptacyjnych – dostosowujących poziom generowanego sygnału do warunków otoczenia. Mogą być one skuteczne w zakresie adaptacji do hałasów środowiska, ale, jak wspomniano, do narządu słuchu kierowcy mogą docierać inne dźwięki o trudnym do przewidzenia widmie i natężeniu. Z tego względu odpowiednią słyszalność może zapewnić tylko wysoki poziom ciśnienia akustycznego sygnału.

Sygnał ostrzegawczy zwykle zaczyna docierać do odbiorcy w sposób narastający wraz ze zbliżaniem się do niego pojazdu uprzywilejowanego. Jednak w szczególnych przypadkach sygnalizator może zostać włączony dopiero w bezpośredniej bliskości odbiorcy. Tego typu przypadek występuje w sytuacji, gdy obsługa pojazdu uprzywilejowanego nadaje sygnał do zatrzymania się pojazdowi poruszającemu się obok. W szczególności dotyczy to np. pojazdów policji. W tych sytuacjach ważny jest czas narastania sygnału, aby odbiorca nie przestraszył się i nie spowodował zagrożenia ruchu. Stosowany w takich przypadkach pojedynczy sygnał ostrzegawczy powinien mieć długi czas narastania.

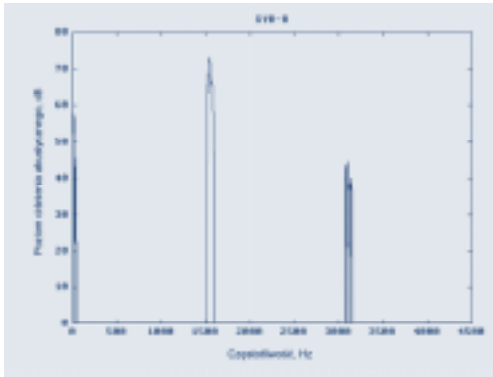
Hałas wytwarzany przez sygnalizatory ostrzegawcze

Ze względu na prawidłową percepcję sygnału i spełnienie jego roli informacyjnej

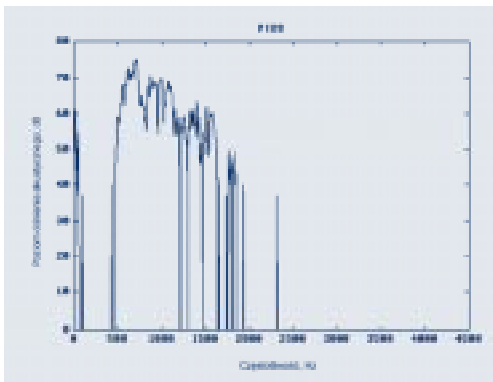
Tabela
WYNIKI POMIARÓW HAŁASU WEWNĄTRZ POJAZDU MARKI MERCEDES VITO Z ZAINSTALOWANYM URZĄDZENIEM ROZGŁOSZENIOWO-ALARMOWYM ZURA TYP PS-100R

Lp.	Rodzaj sygnału	Poziom ciśnienia akustycznego z zastosowaniem różnych charakterystyk częstotliwościowych [dB]		
		LIN	C	A
1.	SYR-R	86,6	100,6	93,3
2.	LE-ON	91,2	96,4	91,2
3.	WILK	85 - 95	103,3	98,8
4.	PIES	93,2	101,7	93,0

nej poziom ciśnienia akustycznego generowanego przez sygnalizatory ostrzegawcze musi być wysoki. Jednak dźwięk sygnalizatora ostrzegawczego we wnętrzu pojazdu uprzywilejowanego odbierany jest jako hałas. Przykładowe wyniki pomiarów przedstawiono w tabeli (na str. 27.) oraz na rysunkach 1. i 2. Pomiary przeprowadzono w samochodzie marki Mercedes Vito z zainstalowanym zespolonym urządzeniem rozgłoszeniowo-alarmowym ZURA typu PS-100R [9]. Głośnik emitujący sygnał ostrzegawczy umieszczony był na dachu, w przedniej części po-



Rys. 1. Widmo sygnału ostrzegawczego SYR-R



Rys. 2. Poziom ciśnienia akustycznego – widmo sygnału ostrzegawczego PIES

jazdu, nad fotelami kierowcy i pasażera. Pomiary wykonano w odniesieniu do standardowych sygnałów generowanych przez ZURA PS-100R (SYR-R, LE-ON, WILK, PIES). W odniesieniu do każdego z nich określono poziom ciśnienia akustycznego skorygowany charakterystyką Lin oraz charakterystykami częstotli-

ściowymi A i C, wyznaczono także charakterystyki amplitudowo-częstotliwościowe. Jak wykazały pomiary poziomy ciśnienia akustycznego we wnętrzu pojazdu osiągają znaczne wartości, przekraczające 90 dB.

Sygnaly ostrzegawcze a aktywna redukcja hałasu

Hałas występujący w kabinie pojazdu negatywnie wpływa na warunki pracy kierowcy i załogi. Sytuacja ta powoduje konieczność zmniejszenia poziomu ciśnienia akustycznego sygnału ostrzegawczego mierzonego w kabinie pojazdu uprzywilejowanego, bez zmniejszenia wartości informacyjnej sygnału. Ze względu na możliwość wydzielenia konkretnych sygnałów tonalnych, których redukcja zapewni zmniejszenie poziomu ciśnienia akustycznego w kabinie, bez pogarszania jakości sygnału użytecznego, do tego typu zastosowań doskonale nadają się metody aktywne. Są one szczególnie wskazane w odniesieniu do sygnałów o widmie prążkowym (będących sumą składowych sinusoidalnych), których składowe widmowe mają niezmienną w czasie częstotliwość (może zmieniać się amplituda tych składowych) [9]. Jedynie nieliczne z sygnałów ostrzegawczych spełniają ten warunek (np. SYR-R). Widmo takiego przykładowego sygnału przedstawiono na rysunku 1.

Wydaje się więc celowe, aby w aspekcie ochrony załogi pojazdu uprzywilejowanego przed hałasem, rozważyć możliwość zaproponowania stosowania takiego rodzaju sygnałów ostrzegawczych, które byłyby łatwe do redukcji metodami aktywnymi, spełniając jednocześnie swoje podstawowe zadanie. Prace nad systemem aktywnej redukcji hałasu w kabinie kierowcy jednocześnie generującego sygnał ostrzegawczy do otoczenia prowadzone są w Pracowni Aktywnych Metod Redukcji Hałasu Centralnego Instytutu Ochrony Pracy – Państwowego Instytutu Badawczego [10] i będą przedmiotem kolejnych publikacji.

*
* *

Akty prawne nie definiują ściśle przebiegu czasowego i widma sygnału ostrze-

gawczego. Zdaniem autora możliwe jest więc zaproponowanie sygnału akustycznego, który będzie spełniał rolę ostrzegawczą i jednocześnie będzie odpowiedni do redukcji przy zastosowaniu metod aktywnych. Parametry końcowe sygnału powinny być dobrane na drodze doświadczalnej, ze szczególnym uwzględnieniem jego dobrej rozróżnialności na tle hałasów otoczenia.

PIŚMIENICTWO

- [1] Kotarbińska E., Żera J. i inni *Opracowanie modelu sygnalizatora dźwiękowego dla niebezpiecznych miejsc pracy*, sprawozdanie z zadania badawczego III.17.1/SPR-1, CIOP, Warszawa 1996
- [2] Ustawa z dnia 20 czerwca 1997 r. – Prawo o ruchu drogowym, DzU nr 98, poz. 602, zm. DzU nr 123, poz. 779; nr 160, poz. 1086
- [3] PN-75/S-76006 Pojazdy samochodowe. *Właściwości akustyczne sygnałów dwudźwiękowych pojazdów uprzywilejowanych w ruchu. Wymagania i badania*
- [4] Regulamin nr 28 EKG ONZ *Jednolite przepisy dotyczące homologacji ostrzegawczych sygnałów dźwiękowych i pojazdów samochodowych w zakresie ich sygnalizacji dźwiękowej*
- [5] Dyrektywa 70/388/EEC Council Directive of 27 July on the approximation of the laws of the Members States relating to audible warning devices for motor vehicles, OJ L 176 10.08.70 p. 12
- [6] Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Społecznej z dnia 11 czerwca 2002 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie ogólnych przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy, DzU nr 91 poz. 811
- [7] PN-EN 457: 1998. *Maszyny. Bezpieczeństwo. Sygnaly dźwiękowe bezpieczeństwa. Wymagania ogólne, projektowanie i badania*
- [8] Żera J., Nagórski A. *Preferred Levels of Auditory Danger Signals*. International Journal of Occupation Safety and Ergonomics, 2000, s. 111-117
- [9] Engel Z., Makarewicz G., Morzyński L., Zawieska W. *Metody aktywnej redukcji hałasu*. CIOP, Warszawa 2001
- [10] Górski P., Makarewicz G., Morzyński L., Pawłowska Z. *Redukcja hałasu sygnalizatorów ostrzegawczych wewnątrz pojazdów uprzywilejowanych w aspekcie bezpieczeństwa*. Sprawozdanie z zadania badawczego nr 2.12/PCZ 16-21, etap nr 1: *Pomiary i analiza parametrów dźwiękowych sygnalizatorów ostrzegawczych w warunkach laboratoryjnych*. Udostępnienie wyników badań na stronie WWW Instytutu, etap nr 2: *Wykonanie prototypu systemu aktywnej redukcji hałasu sygnalizatora ostrzegawczego wewnątrz pojazdu*. CIOP, Warszawa 2002