

# Możliwości ograniczania hałasu powodowanego przez sygnalizatory dźwiękowe instalowane na przejściach dla pieszych

Sygnalizator dźwiękowy montowany na przejściach dla pieszych ma ułatwić osobom z upośledzonym narządem wzroku bezpieczne korzystanie z przejść dla pieszych. Emitowany sygnał dźwiękowy musi być słyszalny. Gdy zmniejsza się poziom hałasu komunikacyjnego, sygnalizator może stać się dla okolicznych mieszkańców źródłem dokuczliwego hałasu. Zastosowanie na przejściach dla pieszych adaptacyjnego sygnalizatora dźwiękowego, o szerokim zakresie adaptacji poziomu ciśnienia akustycznego, powinno ograniczyć uciążliwość wywołaną nadawanym sygnałem akustycznym. Przeprowadzone pomiary wykazały, że możliwe jest obniżenie poziomu emitowanego dźwięku o ok. 6 dB, bez utraty wymaganych właściwości informacyjnych sygnału dźwiękowego.

## Ways of reducing noise from audible pedestrian signal devices

An audible pedestrian signal device on a crosswalk advises people with visual impairment when to cross safely. The signal should be clearly audible. A decrease in the level of traffic noise may render the signal too loud for inhabitants living near the crosswalk. The application of an adaptive audible pedestrian signal device should solve the problem. Measurements have shown it is possible to decrease the level of the signal by about 6 dB without loss to its information properties.



Fot. Craig Jewell/Stock.XCHNG

## Wstęp

Sygnalizator dźwiękowy instalowany na przejściach dla pieszych ma ułatwić osobom z upośledzonym narządem wzroku bezpieczne korzystanie z przejść dla pieszych. Według rozporządzenia ministra infrastruktury z dnia 3 lipca 2003 r. w sprawie szczegółowych warunków technicznych dla znaków i sygnałów drogowych oraz urządzeń bezpieczeństwa ruchu drogowego i warunków ich umieszczania na drogach [1] zaleca się łączenie sygnalizacji świetlnej na przejściach dla pieszych z sygnalizacją dźwiękową informującą osoby z dysfunkcją wzroku lub wzroku i słuchu o rodzaju nadawanych sygnałów. Łączne stosowanie obu rodzajów sygnalizacji jest obowiązkowe w przypadku lokalizacji przejść dla pieszych (odosobnionych i w ramach skrzyżowań) w pobliżu ośrodków dla osób niepełnosprawnych lub tam, gdzie istnieje prawdopodobieństwo korzystania przez takie osoby z przejść dla pieszych.

Niestety, z przeprowadzonej w Centralnym Instytucie Ochrony Pracy – Państwowym Instytucie Badawczym analizy [2] wynika, że stan rzeczywisty odbiega od wymagań wymienionego rozporządzenia (fot.) Przykładowo w Warszawie, w okolicach 18 wytypowanych

ośrodków, towarzystw lub organizacji statutowo współpracujących z osobami z dysfunkcją wzroku lub zakładów pracy zatrudniających

takie osoby, zaledwie w jednym miejscu zamontowane zostały sygnalizatory dźwiękowe (wg stanu z października 2008 r.).



Fot. Widok przykładowego przejścia dla pieszych bez zainstalowanego sygnalizatora dźwiękowego  
Photo. A view of a crosswalk near a selected place without an audible pedestrian signal

Fot. autor



Rys. 1. Sygnalizator dźwiękowy na przejściach dla pieszych jako źródło hałasu

Fig. 1. The audible pedestrian signal device as a noise source

Taki stan może być spowodowany między innymi obawami o protesty mieszkańców ze względu na uciążliwy hałas generowany przez sygnalizatory dźwiękowe na przejściach dla pieszych (rys. 1.). Za przykład niech posłuży informacja prasowa [3], w której mieszkańcy Bydgoszczy skarżyli się na uciążliwy hałas, gdyż w wyniku modernizacji skrzyżowania zamontowano na nim zbyt głośne sygnalizatory dźwiękowe. Czasami problem bywa rozwiązywany przez czasowe wyłączenie sygnalizatora. Zdarza się również, że podczas modernizacji skrzyżowania likwidowane są sygnalizatory dźwiękowe, a osoby z dysfunkcją wzroku zmuszone są do korzystania z przejść dla pieszych, gdzie zielone światło wymuszane jest przyciskiem bez żadnej informacji dźwiękowej [4].

Aby sygnalizator dźwiękowy na przejściach dla pieszych spełniał swoje zadanie (był słyszalny), musi być odpowiednio głośny. Gdy natężenie ruchu maleje i zmniejsza się poziom hałasu komunikacyjnego, sygnalizator może stać się dla okolicznych mieszkańców źródłem dokuczliwego hałasu. Rozwiązaniem tego problemu może być zastosowanie sygnalizatora adaptacyjnego, w którym głośność sygnału akustycznego jest dostosowywana automatycznie do hałasu panującego w otoczeniu przejścia dla pieszych [5].

## Wymagania akustyczne dotyczące sygnalizacji dźwiękowej

Opracowanie sygnału dźwiękowego spełniającego wszystkie wymagania akustyczne nie jest zadaniem prostym [6]. Percepcja sygnałów akustycznych wymaga, aby dana informacja dźwiękowa została odebrana przez narząd słuchu, a w przypadku występowania zakłóceń akustycznych można ją było mimo to odróżnić i zidentyfikować na tle tych zakłóceń. Najogólniej mówiąc, identyfikacja sygnału jest tym łatwiejsza, a zawartość informacyjna sygnału większa, im bardziej jego cechy akustyczne różnią się od cech tła akustycznego środowiska, w którym on występuje. Odbiór sygnału akustycznego przez narząd słuchu nie

jest równoznaczny z rozumieniem treści informacyjnej tego sygnału. Właściwości akustyczne danego sygnału (pozwalające określić, że jest to np. gong, dzwon czy syrena) stanowią przez skojarzenie z daną konkretną sytuacją pierwszą informację o treści, jaką sygnał ten zawiera. Istotną jest również bezpośrednia zgodność funkcjonalna w sygnalizacji sterującej ruchem pieszym na przejściach ulicznych. W takim przypadku zapaleniu się światła zielonego powinien więc odpowiadać sygnał dźwiękowy przerywany o częstotliwości odpowiadającej częstości kroków przechodzącego [7, 8].

Rozporządzenie ministra infrastruktury z dnia 3 lipca 2003 r. [1] określa szczegółowo warunki techniczne dotyczące sygnałów drogowych, w tym sygnałów akustycznych dla pieszych. Zawiera także wymagania funkcjonalne odnoszące się do sygnalizatorów dźwiękowych i sposobów ich umieszczenia.

Sygnalizatory akustyczne dla pieszych powinny zapewnić nadawanie sygnałów akustycznych podstawowych zezwalających na przechodzenie przez jezdnię lub torowisko tramwajowe wyłącznie podczas nadawania sygnału zielonego dla pieszych, przy czym sygnał dźwiękowy odpowiadający sygnałowi zielonemu ciągłemu powinien różnić się od sygnału dźwiękowego odpowiadającego sygnałowi zielonemu migającemu. Podstawowy sygnał dźwiękowy, odpowiadający sygnałowi zielonemu ciągłemu powinien być sygnałem przerywanym o częstotliwości powtarzania zawartej w granicach 5–12,5 Hz, lub sygnałem ciągłym (powtarzalną melodiijką, głosem ptaków itp.) o częstotliwości powtarzania w zakresie 0,5–1,25 Hz. Z kolei podstawowy sygnał dźwiękowy odpowiadający sygnałowi zielonemu migającemu powinien być sygnałem przerywanym o częstotliwości powtarzania dwukrotnie większej niż sygnału podstawowego, czyli mieć częstotliwość powtarzania z zakresu 10–25 Hz. Częstotliwości dźwięków stosowanych w sygnale podstawowym powinny zawierać się w granicach 550–2000 Hz.

Sygnalizator dźwiękowy powinien umożliwiać regulację poziomu dźwięku A sygnału w granicach co najmniej 50–85 dB. Sygnał dźwiękowy powinien być słyszalny w strefie oczekiwania przed jezdnią oraz na przejściu przez jezdnię, do co najmniej 2/3 jej szerokości. Sygnalizatory dźwiękowe umieszcza się po obu stronach jezdni, przy czym sygnały podstawowe muszą być nadawane z urządzeń umieszczonych na wysokości co najmniej 2,20 m nad powierzchnią terenu. Zaleca się, aby przyciski dla pieszych umożliwiały generowanie pomocniczych sygnałów dźwiękowych, pozwalających na zlokalizowanie przejścia i przycisku. Pomocnicze sygnały dźwiękowe, nadawane podczas sygnału czerwonego, powinny różnić się w zasadniczy sposób od sygnałów będących odpowiednikiem sygnału

zielonego ciągłego i migającego. Sygnał pomocniczy powinien być nadawany z przycisku umieszczonego na wysokości 1,2 do 1,35 m nad poziomem terenu. Powinien być sygnałem impulsowym nadawanym z częstotliwością nie większą niż 1,2 Hz, a jego słyszalność musi być ograniczona do  $4 \pm 1$  m od źródła dźwięku.

Zasady działania systemów sygnalizacji dźwiękowej na przejściach dla pieszych oraz wymagania dotyczące sygnałów dźwiękowych w tych systemach określa również PN-Z-80100:2004 *Pomoc techniczna dla osób niewidomych i słabowidzących. Sygnalizacja dźwiękowa na przejściach dla pieszych z sygnalizacją świetlną* [9]. Istotną różnicą jest zmniejszenie w normie wymagań dotyczących zasięgu słyszalności sygnału podstawowego od pojedynczego sygnalizatora do połowy szerokości przejścia. W rozporządzeniu i normie różnie określono wymagany poziom ciśnienia akustycznego emitowanego sygnału pomocniczego. Rozporządzenie określa, że powinien on być słyszalny w odległości  $4 \pm 1$  m, a wg normy poziom ten ma być o co najmniej 10 dB niższy od sygnału podstawowego. W normie umieszczono również dodatkowe wymagania odnośnie do kierunkowości głośnika sygnału podstawowego. Powinien on być głośnikiem kierunkowym, o co najmniej 3 dB zysku kierunkowości i głównej osi skierowanej w kierunku przejścia dla pieszych o odchyleniu nie mniej niż  $20^\circ$  w dół od poziomu. W normie zaproponowano częstotliwości emitowanych sygnałów: podstawowego – jednotonowego „przechodź” –  $\text{Hz} \pm 10\%$  i pomocniczego –  $2000 \text{ Hz} \pm 10\%$ .

Kolejnym dokumentem istotnym z punktu widzenia badania sygnalizacji dźwiękowej na przejściach dla pieszych jest PN-EN ISO 7731:2009 *Ergonomia. Sygnały bezpieczeństwa dla obszarów publicznych i obszarów pracy. Dźwiękowe sygnały bezpieczeństwa* [10]. Norma ta wprawdzie nie odnosi się do sygnalizacji dźwiękowej na przejściach dla pieszych, jednak zawarte w niej wymagania mogą znaleźć zastosowanie w badaniach sygnałów dźwiękowych na przejściach dla pieszych. Norma ta stanowi, że dźwiękowy sygnał bezpieczeństwa powinien być wyraźnie słyszalny, wyróżniający się od pozostałych dźwięków środowiska i jednoznacznie rozpoznawany (słyszalny, wyrazisty, niedwuznaczny). Im bardziej częstotliwość środkowa pasma oktawowego, w którym poziom ciśnienia akustycznego sygnału bezpieczeństwa jest najwyższy, różni się od częstotliwości środkowej pasma oktawowego, w którym poziom ciśnienia akustycznego hałasu tła jest najwyższy, tym łatwiej można dźwiękowy sygnał bezpieczeństwa rozpoznać. Ze względu na zapewnienie odpowiedniej słyszalności sygnału istotne jest, aby energia dźwiękowego sygnału bezpie-

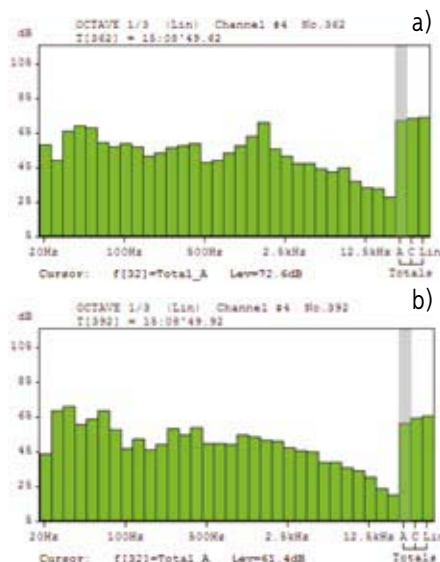
czeństwa była wystarczająco duża w zakresie częstotliwości poniżej 1500 Hz.

Norma dopuszcza czasowe maskowanie dźwiękowego sygnału bezpieczeństwa przez hałas tła (np. jeśli hałas tła zmienia się w krótkim czasie). W takich przypadkach należy jednak mieć pewność, że nie później niż po 1 s od rozpoczęcia emisji dźwiękowego sygnału bezpieczeństwa spełni on wymagania, przez co najmniej 2 s. Szczególnie istotna jest przedstawiona w opisywanej normie metoda doboru poziomu ciśnienia akustycznego emitowanego sygnału. W metodzie tej, aby sygnał był słyszalny, musi być spełnione co najmniej jedno z trzech kryteriów. Kryteria te różnią się między sobą danymi niezbędnymi do wyznaczenia minimalnych poziomów emitowanego sygnału, a przede wszystkim dokładnością. Według kryterium podstawowego w celu dokonania doboru wystarczy znajomość poziomu dźwięku A sygnału bezpieczeństwa i hałasu tła. Przy uwzględnieniu dokładniejszego kryterium, do doboru niezbędne jest zmierzenie poziomów ciśnienia akustycznego sygnału bezpieczeństwa i hałasu tła w pasmach oktaowych, natomiast przy zastosowaniu kryterium najdokładniejszego niezbędne jest określenie poziomów ciśnienia akustycznego w pasmach tercjowych. Kryterium trzecie umożliwia dobór dźwiękowego sygnału bezpieczeństwa wystarczająco słyszalnego, a jednocześnie o najniższym poziomie emitowanego dźwięku, dlatego w badaniach opisywanych w dalszej części artykułu uwzględniono jedynie kryterium najdokładniejsze.

### Analiza możliwości ograniczania hałasu istniejących sygnalizatorów dźwiękowych

W celu określenia parametrów sygnałów emitowanych przez obecnie stosowane sygnalizatory dźwiękowe na przejściach dla pieszych zostały przeprowadzone pomiary *in situ* [2], pod kątem możliwości zmniejszenia uciążliwości sygnalizatorów dźwiękowych, szczególnie w porze nocnej oraz w odniesieniu do obszarów gęsto zabudowanych (np. sygnalizatory dźwiękowe na przejściach dla pieszych przez drogi osiedlowe). Z tego względu pomiary przeprowadzono o różnych porach dnia i nocy.

Pomiary przeprowadzono analizatorem SVAN 948, metodą zgodną z zaleceniami PN-Z-80100:2004 [9] oraz PN-EN ISO 7731:2009 [10]. W odniesieniu do każdego sygnalizatora zmierzono poziom dźwięku A w polu fali swobodnej w odległości 1 m od źródła sygnału dźwiękowego na jego głównej osi promieniowania. Zmierzono również widmo sygnału dźwiękowego w pasmach oktaowych i 1/3-oktaowych, w odległości 1 m od źródła dźwięku na jego głównej osi promieniowania.



Rys. 2. Porównanie wartości poziomów ciśnienia akustycznego w pasmach 1/3 oktaowych na przejściu dla pieszych: a) z włączonym i b) wyłączonym sygnalizatorem dźwiękowym

Fig. 2. A comparison of the third octave band sound pressure level on the crosswalk with the audible pedestrian signal: a) turned on, b) turned off

Ze względu na zmienny poziom hałasu tła akustycznego, losowe zdarzenia związane z ruchem ulicznym oraz przerwy w pomiarach powodowane koniecznością zejścia z przejścia dla pieszych, wyniki pomiarów poddano obróbce cyfrowej. Polegała ona na wybraniu z zarejestrowanych fragmentów wyników pomiarów reprezentatywnych dla analizowanego sygnału (sygnału dźwiękowego i hałasu tła). Wybór przeprowadzono na podstawie oceny przebiegów maksymalnych poziomów dźwięku A w funkcji czasu.

Na rys. 2. przedstawiono przykładowe wyniki pomiarów poziomów ciśnienia akustycznego sygnału i hałasu tła skorygowanych charakterystyką A, C, Lin oraz w pasmach tercjowych na przejściu dla pieszych o niskim poziomie hałasu tła. Z pomiarów wynika, że po uruchomieniu sygnalizatora dźwiękowego poziom dźwięku A wzrasta z ok. 61 dB do ok. 73 dB, czyli o 12 dB. Główna część energii

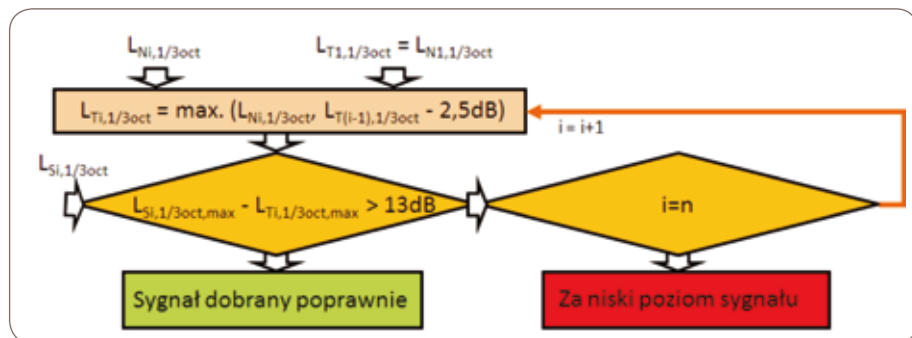
sygnału zlokalizowana jest w tercji o częstotliwości środkowej 1600 Hz.

W przypadku badania sygnalizatorów adaptacyjnych na przejściach dla pieszych określono zakres adaptacji poziomu dźwięku A w stosunku do zmieniającego się hałasu tła. Zwykle zmiany te wynoszą ok. 5 dB.

Głównym analizowanym parametrem była słyszalność sygnału dźwiękowego w obszarze odbioru. Aby ją wyznaczyć, należy określić efektywny próg słyszenia w warunkach maskowania ( $L_{Ti,1/3oct}$ ), definiowany jako poziom dźwiękowego sygnału bezpieczeństwa, przy którym jest on słyszalny w hałasie tła. Zgodnie z metodą przedstawioną w PN-EN ISO 7731:2009 [10], aby sygnał był słyszalny, wartość zmierzona w pasmach tercjowych poziomu ciśnienia akustycznego sygnału dźwiękowego ( $L_{Si,1/3oct}$ ), przynajmniej w odniesieniu do jednego pasma tercjowego musi przekroczyć efektywny próg słyszenia w warunkach maskowania ( $L_{Ti,1/3oct}$ ) o co najmniej 13 dB, tzn. musi być spełniony warunek:  $L_{Si,1/3oct} - L_{Ti,1/3oct} > 13$  dB, gdzie  $i$  jest numerem pasma tercjowego.

Warunek ten jest niezwykle istotny z punktu widzenia analizy możliwości obniżenia poziomu ciśnienia akustycznego dźwięku emitowanego przez sygnalizatory dźwiękowe na przejściach dla pieszych, a tym samym zmniejszenia uciążliwości dla mieszkańców budynków, w okolicach których znajdują się przejścia dla pieszych.

Sprawdzenie poprawności doboru poziomu ciśnienia akustycznego mierzonego sygnału dźwiękowego przeprowadzono według algorytmu przedstawionego na rys. 3., a wyniki kolejnych obliczeń umieszczono w tabeli. Obliczenia przeprowadzono dla kolejnych tercji od 125 Hz do 8 kHz, a w tabeli przedstawiono jedynie wybrane częstotliwości. Kolorem niebieskim oznaczono wartości dotyczące częstotliwości środkowych pasm tercjowych, które mogą być wykorzystane w sygnale dźwiękowym, natomiast kolorem zielonym spełniające kryterium słyszalności sygnału dźwiękowego.



Rys. 3. Algorytm do oceny słyszalności sygnału dźwiękowego  
Fig. 3. An algorithm for assessing signal audibility

OCENA SŁYSZALNOŚCI BADANEGO SYGNAŁU DŹWIĘKOWEGO  
Sound pressure level for assessing signal audibility

f [Hz]	$L_{Ni,1/3oct}$ [dB]	$L_{Si,1/3oct}$ [dB]	$L_{Ti,1/3oct}$ [dB]	$L_{Si,1/3oct} - L_{Ti,1/3oct}$ [dB]	$L_{Si,1/3oct} - L_{Ti,1/3oct} - 13$ [dB]
1	2	3	4	5	6
125	52,7	57	52,7	4,3	-8,7
500	49,9	48,2	56,8	-8,6	-21,6
630	50	49,7	54,3	-4,6	-17,6
800	49,7	53,9	51,8	2,1	-10,9
1000	54,9	57,7	54,9	2,8	-10,2
1250	53,5	63,5	53,5	10	-3
1600	51,6	71,1	51,6	19,5	6,5
2000	51,4	56,3	51,4	4,9	-8,1
2500	47,9	51,8	48,9	2,9	-10,1
8000	36,3	45,3	37,7	7,6	-5,4
	<b>MAX(<math>L_{Si,1/3oct} - L_{Ti,1/3oct} - 13</math>)</b>				<b>6,5</b>

W odniesieniu do każdej częstotliwości środkowej pasma tercjowego, na podstawie zmierzonych wartości poziomu ciśnienia akustycznego hałasu tła w pasmach 1/3 okta-wowych ( $L_{Ni,1/3oct}$ ), obliczono efektywny próg słyszenia w warunkach maskowania ( $L_{Ti,1/3oct}$ ). Próg słyszenia dla wybranej częstotliwości środkowej wyznaczono przez porównanie wartości poziomu ciśnienia akustycznego hałasu tła w analizowanym paśmie o częstotliwości środkowej i progu słyszenia pomniejszonego o 2,5 dB dla częstotliwości niższej o tercję niż częstotliwość środkowa analizowanego pas-ma, a następnie wybranie wartości większej. W przypadku wyznaczania progu słyszenia dla pasma tercjowego o częstotliwości środkowej równej 125 Hz (najniższej badanej) należy przyjąć, że jest on równy wartości poziomu ciśnienia akustycznego hałasu tła dla tej czę-stotliwości środkowej. Wartości zmierzonego poziomu ciśnienia akustycznego hałasu tła przedstawiono w kolumnie 2. tabeli, a wartości efektywnego progu słyszenia w warunkach maskowania – w kolumnie 4.

W dalszej kolejności wyznaczono róż-nicę pomiędzy, podanymi w kolumnie 3., zmierzonymi wartościami poziomów ciśnie-nia akustycznego emitowanego sygnału dźwiękowego w pasmach 1/3 okta-wowych ( $L_{Si,1/3oct}$ ) i odpowiadającymi im wartościami efektywnego progu słyszenia w warunkach maskowania (kolumna 5.). W 6. kolumnie umieszczono wartości uzyskanej różnicy po-mniejszonej o 13 dB. Jeżeli przynajmniej jedna z tych wartości jest dodatnia, oznacza to, że warunek  $L_{Si,1/3oct} - L_{Ti,1/3oct} > 13$  dB jest spełniony, a sygnał dźwiękowy będzie słyszalny. Z prze-prowadzonych obliczeń wynika, że warunek ten spełniony jest dla tercji o częstotliwości środkowej równej 1600 Hz, ponieważ dla tej tercji wartość różnicy pomiędzy zmierzonymi wartościami poziomów ciśnienia akustycz-nego emitowanego sygnału dźwiękowego i odpowiadającymi im wartościami efektyw-ego progu słyszenia w warunkach masko-

wania pomniejszonej o 13 dB jest dodatnia ( $L_{Si,1/3oct} - L_{Ti,1/3oct} - 13$  dB = 6,5 dB).

Ze względu na to, że celem prezentowanej analizy w tym artykule jest określenie możli-wości ograniczenia hałasu powodowanego przez sygnalizatory dźwiękowe na przejściach dla pieszych, należy rozważyć, czy możliwe jest emitowanie sygnału dźwiękowego o niższym poziomie ciśnienia akustycznego. Z analizy zasad doboru sygnału dźwiękowego wynika, że sygnał emitowany przez sygnalizator byłby również słyszalny, gdyby dominująca czę-stotliwość składowa tego sygnału (w analizowa-nym przykładzie zlokalizowana jest w paśmie tercjowym o częstotliwości 1600 Hz – rys. 2a) została obniżona o 6 dB. Wówczas wartość różnicy pomiędzy zmierzonymi wartościami poziomów ciśnienia akustycznego emitowa-nego sygnału dźwiękowego i odpowiadającymi im wartościami efektywnego progu słyszenia w warunkach maskowania pomniejszonej o 13 dB byłaby równa 0,5 dB, czyli nadal byłaby dodatnia. Wynika z tego, że 6 dB nad-datek poziomu emitowanego sygnału nie jest konieczny z punktu widzenia słyszalności sygnału dźwiękowego w obszarze odbioru przez osoby z dysfunkcją narządu wzroku, a jednocześnie jest niepotrzebnym źródłem hałasu dla mieszkańców domów sąsiadujących z przejściem dla pieszych, przy którym zamontowany jest analizowany sygnalizator. Podobne wyniki uzyskano w przypadku analizowanych sygnalizatorów na przejściach dla pieszych umieszczonych w miejscach o stosunkowo niskim poziomie ciśnienia akustycznego hałasu tła (poniżej 65 dB), czyli na drogach osiedlo-wych oraz w porze nocnej.

### Podsumowanie

Przeprowadzone pomiary wykazały, że ze względu na swoją funkcję badane sygnalizato-ry dźwiękowe emitują sygnał, który powinien być słyszany niezależnie od poziomu hałasu tła, nawet w przypadku zwiększonego ruchu po-jazdów. Pomiary wykazały również, że możliwe

jest obniżenie poziomu emitowanego dźwięku o ok. 6 dB, bez utraty wymaganych właściwości informacyjnych sygnału dźwiękowego. Można przyjąć, że obniżenie poziomu emitowanego dźwięku przez sygnalizator o tę wartość od-powiada zmniejszeniu odczuwanej głośności hałasu o połowę. Jest to wynik bardzo dobry, szczególnie że dotyczy on obszarów o niskim poziomie hałasu tła. Z przeprowadzonych analiz wynika, że zastosowanie adaptacyjnego sygnalizatora dźwiękowego na przejściach dla pieszych o znacznie szerszym zakresie adapta-cji poziomu ciśnienia akustycznego powinno ograniczyć uciążliwość wywołaną nadawanym sygnałem akustycznym, przy jednoczesnym zachowaniu jego podstawowej funkcji. Uza-sadnia to konieczność kontynuowania badań dotyczących opracowania nowego typu sy-gnalizatora dźwiękowego na przejściach dla pieszych. Badania te powinny obejmować szczegółową analizę zarówno obecnie stoso-wanych, jak i nowo opracowanych sygnałów dźwiękowych, opracowanie algorytmów sterujących pracą sygnalizatora, a także we-ryfikację działania sygnalizatora w warunkach laboratoryjnych i rzeczywistych.

### PIŚMIENICTWO

- [1] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 3 lipca 2003 r. w sprawie szczegółowych warunków technicznych dla znaków i sygnałów drogowych oraz urządzeń bezpie-czeństwa ruchu drogowego i warunków ich umieszczania na drogach (DzU nr 220 poz. 2181 z późn. zm.)
- [2] P. Górski i in. *Opracowanie adaptacyjnego akustycz-nego sygnalizatora drogowego z modulem rejestracji danych o hałasie*. Program wieloletni pn. „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy” 2008-2010, CIOP-PIB, Warszawa 2008
- [3] T. Kałużyński *Bełchatów: skrzyżowania nie dla wszy-kich*. <http://www.ibelchatow.pl>
- [4] *Brzeczki doprowadzają do szafu*, <http://miasta.gazeta.pl/bydgoszcz>
- [5] G. Hall, A. Rabelle, C. Zabihaylo *Audible traffic signals: A new definition*. Montreal Association for the Blind, Montreal 1996
- [6] D. L. Harkey *Accessible pedestrian signals a guide to best practices*. National Cooperative Highway Research Program, Transportation Research Board of the National Academies, Washington 2007
- [7] C. Puzyna *Wpływ własności akustycznych środowiska na orientację przestrzenną*. PWN Warszawa 1983
- [8] A. Y. H. Szeto, N. C. Valerio, R. E. Novak *Audible pe-destrian signals*. "Journal of rehabilitation research and Development" Vol. 28 No. 2, 1991
- [9] PN-Z-80100:2004 *Pomoce techniczne dla osób niewi-domych i słabowidzących – Sygnalizacja dźwiękowa na przejściach dla pieszych z sygnalizacją świetlną*
- [10] PN-EN ISO 7731:2009 *Ergonomia – Sygnały bezpie-czeństwa dla obszarów publicznych i obszarów pracy – Dźwiękowe sygnały bezpieczeństwa*

*Publikacja przygotowana na podstawie wyników uzyskanych w ramach I etapu programu wie-loletniego pn. „Poprawa bezpieczeństwa i wa-runków pracy” dofinansowywanego w latach 2008-2010 w zakresie zadań służb państwowych przez Ministerstwo Pracy i Polityki Społecznej. Główny koordynator: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy.*