

dr inż. RAFAŁ MŁYŃSKI (ORCID: 0000-0002-0500-0638)
 dr inż. EMIL KOŻŁOWSKI (ORCID: 0000-0003-4685-1145)
 dr inż. LESZEK MORZYŃSKI (ORCID: 0000-0003-3534-3284)
 Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy
 Kontakt: rmlynski@ciop.pl
 DOI: 10.5604/01.3001.0013.1978

Przekazywanie informacji o zagrożeniu pracownikowi wyposażonemu w indywidualny system ostrzegania za pomocą sygnału drganiowego

Fot. Happypictures/Bigstockphoto



Stosowanie ochronników słuchu jest częstym sposobem ochrony narządu słuchu przed wpływem hałasu występującego w środowisku pracy. Należy mieć jednak na uwadze, że używanie ochronników słuchu oprócz ograniczania wpływu hałasu pogarsza także percepcję dźwięków, które są istotne dla bezpieczeństwa pracownika. W takich przypadkach bezpieczeństwo pracownika można poprawić/zwiększyć poprzez zastosowanie systemu wykrywającego bliską obecność przemieszczającego się pojazdu. System taki powinien mieć możliwość przekazywania pracownikowi stosującemu ochronniki słuchu informacji o wykrytym niebezpieczeństwie. W artykule omówiono możliwe sposoby przekazywania informacji o zagrożeniu użytkownikom ochronników słuchu. Rozpatrzono wady i zalety wykorzystania w tym celu sygnału akustycznego, świetlnego oraz drganiowego. Przedstawiono również własne badania sprawdzające możliwość percepcji sygnału drganiowego wytwarzanego przez dwa rodzaje urządzeń nasobnych.

Słowa kluczowe: hałas, dźwiękowy sygnał bezpieczeństwa, sygnał ostrzegawczy, ostrzeżenie, ochronniki słuchu

Transmission of information about danger to an employee equipped with an individual vibrating warning system

The use of hearing protectors is a frequent way to avoid the impact of noise present in the work environment. However, it should be kept in mind that the use of hearing protectors, while reduces the threat created by noise, also diminishes the perception of sounds that are important for the safety of the employee. In such cases, employee's safety can be improved/increased by using a system to detect the near presence of a moving vehicle. Such a system should be able to transmit information on detected danger to an employee using hearing protectors. The article discusses the possible ways of providing such information to employees using hearing protectors. The advantages and disadvantages of using acoustic, light and vibration signals for this purpose were considered. The authors also present original research results to confront the possibility of perceiving the vibration signal produced by two types of wearables.

Keywords: noise, auditory danger signal, warning signal, warning, hearing protectors

Wstęp

Według danych Głównego Urzędu Statystycznego za 2017 rok zagrożenie hałasem dotyczy 187,5 tys. pracowników [1]. Narażenie pracowników na oddziaływanie hałasu obecnego w środowisku pracy powinno

być ograniczane za pomocą działań organizacyjno-technicznych [2]. Niestety ich realizacja może często być niemożliwa – np. wtedy, kiedy proces produkcyjny wymaga wykonywania prac ręcznych w bezpośredniej bliskości źródła hałasu. Przykładem może tu być

obsługa młota parowo-matrycowego [3]. W takich przypadkach niezbędne jest stosowanie ochronników słuchu, które ograniczają hałas docierający do uszu pracownika. Problemem związanym ze stosowaniem ochronników słuchu jest to, że ograniczając hałas, zmniejszają one również możliwość percepcji dźwięków, które niosą istotne dla pracownika informacje. Do dźwięków tych w szczególności zaliczyć należy dźwiękowe sygnały bezpieczeństwa, w tym np. sygnały ostrzegawcze pojazdów. Istnieje zatem potrzeba realizacji rozwiązań poprawiających możliwość odbioru istotnych pod względem bezpieczeństwa informacji, przez pracownika stosującego ochronniki słuchu. Okazuje się bowiem, że nawet ochronniki słuchu z regulowanym tłumieniem, stosowane w obecności hałasu, nie gwarantują, że pracownik będzie miał możliwość prawidłowego odbioru sygnału ostrzegawczego [4].

Pracownik stosujący ochronniki słuchu może być wyposażony w system wykrywający bliską obecność przemieszczającego się pojazdu. Koncepcja takiego systemu rozwijana jest w Centralnym Instytucie Ochrony Pracy – Państwowym Instytucie Badawczym. System wykrywający bliską obecność przemieszczającego się pojazdu musi zawierać układ wykonawczy, przekazujący pracownikowi w określony sposób informację o wykrytym zagrożeniu, związanym z możliwością potrącenia pracownika przez ten pojazd. Może to być realizowane poprzez dodatkowe urządzenie elektroniczne zintegrowane z ochronnikiem słuchu lub urządzenie niezależne, noszone na ciele lub ubraniu użytkownika (urządzenie nasobne). Należy dodać, że tego rodzaju układ wykonawczy mógłby być również wykorzystany do przekazywania informacji o innych zagrożeniach, związanych z przebywaniem pracownika w środowisku pracy.

W artykule omówiono możliwe sposoby przekazywania informacji o zagrożeniu związanym z najechaniem przez pojazd pracownikowi stosującemu ochronniki słuchu i wyposażonemu w system ostrzegania. Wskazano też rozwiązania, które należy uznać za najbardziej skuteczne.

Możliwe sposoby ostrzegania pracownika

Wykorzystanie sygnału akustycznego

Sygnał ostrzegawczy o znajdującym się w pobliżu pojeździe i wynikającym z tego zagrożeniu musi być przekazany pracownikowi w postaci bodźca, który będzie on w stanie odebrać i prawidłowo zinterpretować. Do najpowszechniej wykorzystywanych bodźców, czyli sygnałów informujących o zagrożeniu w środowisku, należą sygnały akustyczne. Są one stosowane również w poruszających się pojazdach, w szczególności podczas jazdy wstecz.

Jak jednak wspomniano we wstępie, możliwości percepcji sygnału akustycznego w warunkach występowania hałasu i stosowania ochronników słuchu są bardzo ograniczone. Zastosowanie sygnału akustycznego do ostrzegania o zagrożeniu pracownika stosującego ochronniki słuchu w praktyce jest możliwe tylko w pewnych okolicznościach, a mianowicie w przypadku wyposażenia tych ochronników w układy elektroniczne generujące sygnał ostrzegawczy w odpowiedzi na otrzymaną informację o wykrytym zagrożeniu. Równoważny poziom dźwięku A pod odpowiednio dobranymi ochronnikami słuchu nie może przekraczać 80 dB, ponieważ ten środek ochrony indywidualnej powinien wyeliminować ryzyko uszkodzenia słuchu [2]. Jednocześnie należy zapewnić warunki prawidłowego odbioru sygnału ostrzegawczego, uwzględniając efekt maskowania tego sygnału hałasem.

Biorąc pod uwagę wspomniane ograniczenia, bezpośrednio pod ochronnikami słuchu można byłoby zatem wygenerować akustyczny sygnał ostrzegawczy, dobrze słyszalny i rozpoznawalny a jednocześnie niewprowadzający dodatkowego zagrożenia dla słuchu pracownika. Ponadto istnieje obecnie cała gama ochronników słuchu z wbudowanymi układami elektronicznymi, np. z łącznością, z regulowanym tłumieniem, z aktywną redukcją hałasu. Nie ma więc technicznych przeszkód do opracowania ochronnika, który posiadałby zintegrowane układy systemu ostrzegania.

Wymaga to jednak opracowania konstrukcji takiego ochronnika słuchu od podstaw, gdyż ingerencja w istniejący model ochronnika (poprzez wstawienie do niego układu elektronicznego) prawdopodobnie spowoduje pogorszenie jego właściwości ochronnych. Oznacza to również konieczność przeprowadzenia badania typu UE¹ środka ochrony indywidualnej na potrzeby procedury oceny zgodności według rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (uzyskanie odpowiedniego certyfikatu), [5].

Wykorzystanie sygnału świetlnego

Sygnał świetlny w warunkach występowania hałasu może stanowić dobrą alternatywę dla dźwiękowego sygnału bezpieczeństwa. Wytwarzanie sygnałów świetlnych przy zastosowaniu współczesnych źródeł światła typu LED jest wydajne pod względem energetycznym i może być z powodzeniem stosowane w urządzeniach nasobnych. Praktyka ta stawia jednak pewne wymagania w zakresie konstrukcji i sposobu użytkowania nasobnego układu sygnalizującego. Układ musi być

tak skonstruowany i użytkowany, aby użytkownik mógł zaobserwować generowany ostrzegawczy sygnał świetlny.

Najlepiej zatem, aby układ sygnalizujący znajdował się w miejscu, które stale lub często znajduje się w polu widzenia użytkownika. Takim miejscem jest przednia część ubrania – okolica klatki piersiowej. Jeżeli układ sygnalizujący zostanie zamocowany właśnie tam, to dzięki zastosowaniu źródeł światła typu LED o dużej światłości (i sygnału błyskawicznego w przypadku pracy w pomieszczeniu) percepcja tych sygnałów (bezpośrednio lub odbitych od innych obiektów) powinna być stosunkowo łatwa. W przestrzeni otwartej, zwłaszcza przy dużym nasłonecznieniu, będzie to już jednak znacznie trudniejsze.

Wykorzystanie sygnału drganiowego

Innym sposobem ostrzeżenia pracownika o zagrożeniu jest wykorzystanie jego zmysłu dotyku, a w szczególności zdolności do wyczuwania drgań. Obecnie technologie umożliwiające komunikację z użytkownikami urządzeń poprzez zmysł dotyku (określane mianem technologii haptycznych, od greckiego *haptikos* – dotyk) dzięki wykorzystaniu wibracji są coraz częściej rozwijane. Jedną z nich, znaną i stosowaną od lat, jest funkcja wibracji telefonu komórkowego, sygnalizująca przychodzące połączenia lub wiadomości. Innym przykładem wykorzystania technologii haptycznej jest urządzenie o handlowej nazwie Basslet², mające wygląd zegarka naręcznego. Podczas słuchania muzyki (z użyciem np. smartfonu) urządzenie to generuje drgania odpowiadające zakresowi niskich częstotliwości akustycznych z zakresu od 10 do 250 Hz, które są interpretowane przez mózg jako dźwięki o niskich częstotliwościach. Urządzenie uzupełnia zatem funkcjonalnie niedostatki wynikające z ograniczonej jakości słuchawek.

Jak można zauważyć, technologia haptyczna wykorzystująca drgania może być zastosowana do sygnalizowania zagrożenia. Jej zaletą jest możliwość zapewnienia skutecznej percepcji w warunkach zagrożenia hałasem. Kluczowe znaczenie będzie miało w tym przypadku miejsce umieszczenia urządzenia sygnalizującego. W warunkach środowiska pracy, z ergonomicznego punktu widzenia, najlepszymi sposobami noszenia urządzeń nasobnych (indywidualnych), służących do sygnalizacji drganiowej, są mocowanie za pomocą paska na przedramieniu lub umieszczanie w dostępnych kieszeniach ubioru roboczego.

Weryfikacja eksperymentalna koncepcji ostrzegania pracownika za pomocą sygnału drganiowego

Prezentacja możliwych sposobów ostrzegania pracownika wskazuje, że alarmowanie pracownika z wykorzystaniem sygnału akustycznego bądź świetlnego ma swoje istotne ograniczenia. Wykorzystanie sygnału drganiowego wydaje się być najlepszym sposobem ze względu na prawdopodobny brak istotnych ograniczeń w przekazywaniu informacji pracownikowi poprzez zmysł dotyku. W celu potwierdzenia tej hipotezy przeprowadzone zostały eksperymentalne badania weryfikacyjne, w trakcie których sprawdzano dwie kwestie. Pierwszą była

możliwość percepcji wibracji wytwarzanych przez dwa rodzaje urządzeń nasobnych; drugą – weryfikacja, czy zastosowanie sygnału drganiowego pozwala na skuteczne ostrzeżenie pracownika w warunkach zagrożenia hałasem o wysokim poziomie ciśnienia akustycznego, w szczególności, gdy pracownik ten koncentruje się na wykonywanych obowiązkach.

W badaniach wykonano modele testowe dwóch urządzeń nasobnych ze wzбудnikami drgań: przeznaczonego do noszenia na przedramieniu oraz do noszenia w kieszeni. W obu urządzeniach do wytwarzania drgań wykorzystano wzbudnik drgań, czyli tzw. silnik wibracyjny z zamocowaną do jego wirnika niesymetryczną masą. Silniki tego rodzaju są powszechnie stosowane do wzbudzenia drgań w urządzeniach elektronicznych, takich jak telefony komórkowe, tablety itp.

Istnieją dwa rodzaje wzbudników – z masą zamkniętą wewnątrz obudowy silnika i masą zewnętrzną. Z praktycznego punktu widzenia wygodniejsze jest stosowanie wzbudników z masą zamkniętą wewnątrz obudowy silnika. Zastosowane w modelach testowych urządzenia nasobnych wzbudniki miały średnicę 10 mm i były zasilane napięciem 3 V.

Do budowy modelu testowego urządzenia do noszenia na przedramieniu wykorzystano, mającą kształt zegarka naręcznego, obudowę dostępną na rynku układu ewaluacyjnego STEVAL-WESU1 produkcji STMicroelectronics, przeznaczonego do testów nowych technologii w urządzeniach nasobnych (ubieralnych). Do budowy drugiego urządzenia wykorzystano prostopadłościenną obudowę pudełkową z tworzywa sztucznego o wymiarach (wys. x szer. x gł.) 75 x 60 x 18 mm, wyposażoną w klips mocujący, umożliwiającą stabilne zamocowanie urządzenia w kieszeni ubrania roboczego.

Modele testowych urządzeń nasobnych do testów z użyciem sygnałów drganiowych połączono z opracowanymi na potrzeby eksperymentu urządzeniami, umożliwiającymi zadawanie bodźców drganiowych i odczytywanie odpowiedzi osoby biorącej udział w testach. Mają one formę zbliżoną do tzw. padów, czyli manipulatorów komputerowych, które można trzymać oburącz naciskając przyciski kciukami. Wykonano w ten sposób układ do zadawania bodźców drganiowych i odczytu odpowiedzi. Jego schemat przedstawiono na rysunku. Osoba przeprowadzająca badanie losowo zadawała bodźce testowe z użyciem przycisków na manipulatorze bodźca. Osoba biorąca udział w badaniu nie miała możliwości obserwowania czynności zadawania tych bodźców, tj. nie widziała, jak wciskane były przyciskane na manipulatorze bodźca. W sytuacji, gdy osoba biorąca udział w badaniu uznawała, że czuje sygnał drganiowy, sygnalizowała to poprzez wciśnięcie odpowiedniego przycisku na manipulatorze odpowiedzi. Wygląd elementów składowych układu do zadawania bodźców drganiowych i odczytu odpowiedzi oraz widok obu urządzeń nasobnych przedstawiono na fotografii. Oba urządzenia nasobne uwzględnione w badaniach były noszone przez osobę jednocześnie. Urządzenie nasobne przeznaczone do noszenia na przedramieniu było zamocowane na prawym przedramieniu za pomocą paska. Urządzenie przeznaczone do noszenia w kieszeni było umieszczane w kieszeni ubrania zlokalizowanej na klatce piersiowej.

Przy projektowaniu eksperymentu założono, że pracownik w warunkach rzeczywistych koncen-

¹ Zgodnie z zapisami przywołanego rozporządzenia, badanie typu UE stanowi część procedury oceny zgodności, w ramach której jednostka notyfikowana bada i ocenia projekt techniczny środka ochrony indywidualnej (w tym przypadku: ochronnika słuchu).

² <https://eu.lofelf.com/products/basslet> [dostęp 03.03.2019]

