

dr inż. RAFAŁ MŁYŃSKI (ORCID: 0000-0002-0500-0638)

dr inż. EMIL KOZŁOWSKI (ORCID: 0000-0003-4685-1145)

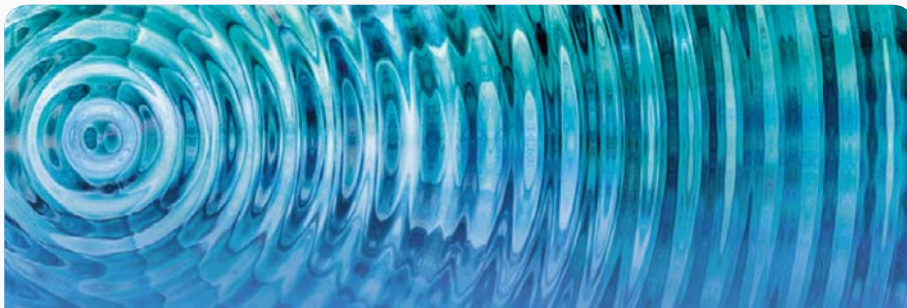
Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy

Kontakt: rmlynski@ciop.pl

DOI: 10.5604/01.3001.0013.3200

# Przenoszenie sygnału przez ochronniki słuchu z regulowanym tłumieniem w obecności impulsu akustycznego

Fot. landio / Bigstockphoto



Ochronniki słuchu z regulowanym tłumieniem są coraz częściej stosowane do ochrony słuchu osób narażonych na hałas impulsowy. Zaletą używania takiego rodzaju ochronników jest poprawa percepcji słyszenia sygnałów użytecznych w porównaniu z nausznikami pasywnymi. Jednakże, pomimo znaczących zalet ochronników z regulowanym tłumieniem, w trakcie ich stosowania można zaobserwować efekt „blokowania” przenoszenia dźwięku pod ochronniki słuchu (czyli ograniczenia przenoszenia sygnału przez ochronniki słuchu), występujący bezpośrednio po pojawieniu się impulsu akustycznego.

W artykule przedstawiono analizę przenoszenia sygnału akustycznego pod ochronniki słuchu z regulowanym tłumieniem w sytuacji wystąpienia impulsu akustycznego. Analiza ta polegała na określeniu czasu trwania efektu „blokowania” przenoszenia dźwięku pod ochronniki słuchu oraz spadku poziomu ciśnienia akustycznego, wynikającego z tego efektu. W tym celu opracowano stanowisko badawcze składające się ze źródeł sygnału impulsowego i hałasu ustalonego oraz testera akustycznego (sztucznej głowy). Przeprowadzone badania wykazały, że czas trwania efektu ograniczenia przenoszenia sygnału przez ochronnik słuchu podczas użytkowania ochronników z regulowanym tłumieniem może dochodzić do 1,2 s, a obniżenie wartości równoważnego poziomu ciśnienia akustycznego, wynikające z tego efektu, może przekraczać nawet 16 dB.

*Słowa kluczowe: ochronniki słuchu z regulowanym tłumieniem, hałas impulsowy, nauszniki przeciwhałasowe, wkładki przeciwhałasowe*

## Signal transfer through the hearing protectors with the regulation of damping in the presence of the impulse noise

Level-dependent hearing protectors are used ever so more frequently to protect the hearing of persons exposure to impulse noise. A clear advantage coming from the use of this type of hearing protectors, compared to other types, lies in the improvement of the perception of useful signals. However, in spite of such advantages it is during their use one can observe the effect of “blocking” of the sound transfer underneath the hearing protectors (meaning the limitation of the signal transfer through the hearing protectors), occurring directly after the appearance of the acoustic impulse.

The article presents an analysis of the acoustic signal transfer underneath the level-dependent hearing protectors in the situation of the acoustic impulse appearance. The analysis aimed at the definition of the time of the “blocking” of noise transfer underneath the hearing protectors effect as well as the decrease of the sound pressure level resulting from the mentioned effect. Towards that goal a special work stand was prepared, consisting of impulse signal source, a continuous noise and an acoustic test fixture (artificial head). The research had shown the time of the “blocking” effect during the use of the level-dependent hearing protectors to be reaching 1.2 seconds and the decrease in the value of the equivalent sound pressure level, resulting from such effect, to be exceeding even 16 dB.

*Keywords: level-dependent hearing protectors, impulse noise, earmuffs, earplugs*

## Wstęp

W miejscach pracy w przemyśle, a także w sytuacjach narażenia na impulsy akustyczne wytwarzane przez broń palną, do ochrony słuchu coraz powszechniej wykorzystywane są ochronniki słuchu z regulowanym tłumieniem. Ich niewątpliwą zaletą jest połączenie funkcji ochronnych z możliwością dostarczania dźwięku użytkownikowi ochronników za pomocą układów elektronicznych wbudowanych w ochronniki słuchu. Działanie tych układów wpływa na poziom ciśnienia akustycznego dźwięku docierającego do narządu słuchu, poprawiając odbiór dźwięków użytecznych (mowa, sygnały ostrzegawcze) przy braku hałasu (w momentach względnej ciszy). Natomiast w obecności hałasu przenoszenie sygnału przez ochronniki słuchu powinno być odpowiednio ograniczane. Jest to konieczne w celu odpowiedniego zabezpieczenia słuchu użytkownika tych ochronników [1].

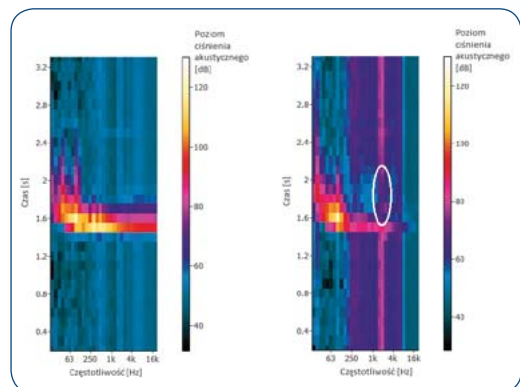
Wpływ stosowania ochronników słuchu z regulowanym tłumieniem na percepcję dźwięków użytecznych był już badany w przeszłości. Sprawdzano m.in. wpływ ochronników słuchu z układami elektronicznymi na percepcję dźwięków, które – w zależności od konkretnej sytuacji (rodzaj ochronnika, obecność hałasu) – wskazywały na ułatwienie lub utrudnienie w wykrywaniu albo lokalizacji źródła dźwięku [2-4]. Wskazywano przy tym na przykład, że w przypadku ochronników słuchu z regulowanym tłumieniem występowały duże problemy ze stwierdzeniem, czy dźwięk dociera z przodu czy z tyłu osoby użytkującej takie ochronniki [5-8].

W przypadku stosowania ochronników słuchu z regulowanym tłumieniem w wielu sytuacjach ważna jest zatem ocena możliwości zapewnienia zarówno dostatecznej ochrony słuchu, jak i bezpieczeństwa, tj. percepcji istotnych dźwięków [9]. Przykładem może być środowisko pracy żołnierza, gdzie podczas wykonywania zadań istotne jest możliwie najbardziej poprawne i szybkie lokalizowanie źródła dźwięku. Sprawne wykorzystanie informacji dźwiękowej może decydować o powodzeniu prowadzonych działań, a także o bezpieczeństwie osób postronnych. Jak sama nazwa wskazuje, układ regulowanego tłumienia ma funkcjonować tak, aby



Rys. 1. Stanowisko do badań funkcjonowania układu regulowanego tłumienia ochronników słuchu bezpośrednio po wystąpieniu impulsu akustycznego. Na środku pierwszego planu: pneumatyczne źródło impulsów akustycznych (konstrukcja CIOP-PIB), za tym źródłem: tester akustyczny do badania właściwości akustycznych ochronników słuchu oraz przetwornik do pomiaru właściwości impulsów akustycznych, po obu stronach na pierwszym planie oraz w głębi – łącznie cztery zestawy głośnikowe do odtwarzania szumu

Fig. 1. The experimental set-up to analyze the system of the level-dependent hearing protectors directly after the appearance of the acoustic impulse. In the middle of first plan: pneumatic source of acoustic impulses (CIOP-PIB's original construct); behind the source: acoustic test fixture used to analyze acoustic properties of hearing protectors and a blast probe used to measure properties of acoustic impulses; on both sides in the first plan and in the background – four speaker sets used to generate the noise



Rys. 2. Spektrogram (wykres konturowy) dotyczący badań ochronnika słuchu z regulowanym tłumieniem w trybie regulowanego tłumienia (największe wzmocnienie), w obecności szumu o równoważnym poziomie dźwięku A wynoszącym 60 dB i impulsu akustycznego. Po lewej stronie: analiza sygnału w polu akustycznym na zewnątrz ochronników słuchu. Po prawej stronie: analiza sygnału pod ochronnikiem słuchu. Białą elipsą zaznaczono rejon obniżenia poziomu ciśnienia akustycznego, związanego z efektem ograniczenia przenoszenia sygnału przez ochronnik słuchu

Fig. 2. A spectrogram (contour chart) related to the research of the level-dependent hearing protector in the level-dependent mode (the maximum amplification), in the presence of the noise at the A-weighted equivalent sound pressure level equal to 60 dB and the acoustic impulse. On the left: the analysis of the signal in the acoustic field outside of the hearing protectors. On the right: the analysis of the signal underneath the hearing protector. A white ellipse marks the area of the decrease of the sound pressure level, connected to the effect of "blocking" the transfer of the signal through the hearing protector

w zależności od poziomu sygnału ograniczać silniej bądź słabiej hałas, zabezpieczając tym samym słuch użytkownika. Hałas impulsowy występuje również w określonych miejscach w przemyśle, np. podczas obróbki metalu. W takich miejscach możliwość poprawnego i szybkiego lokalizowania źródła dźwięku również jest bardzo istotna ze względu na zapewnienie bezpieczeństwa użytkownikowi ochronników słuchu. Przykładem jest sytuacja przemieszczających się w hali fabrycznej pojazdów, które emitują dźwiękowe sygnały bezpieczeństwa. Poprawne zlokalizowanie dźwiękowego sygnału bezpieczeństwa może pozwolić pracownikowi podjąć odpowiednie działanie i uniknąć kolizji z przemieszczającym się pojazdem.

Wymieniona wcześniej możliwość dostarczania dźwięku użytkownikowi ochronników z regulo-

wanym tłumieniem za pomocą wbudowanych w ochronniki słuchu układów elektronicznych, jak już powiedziano, może poprawiać odbiór dźwięków użytecznych. Przeniesienie sygnału przez ochronniki słuchu wiązać się może jednak z pewnymi ograniczeniami tego rodzaju funkcjonalności. W trakcie użytkowania ochronników słuchu z regulowanym tłumieniem można bowiem subiektywnie stwierdzić efekt ograniczania („blokowania”) przenoszenia sygnału przez ochronniki słuchu, bezpośrednio po wystąpieniu impulsu akustycznego. Efekt ten jest krótkotrwały, jednak może on mieć wpływ na ograniczenie możliwości percepcji dźwięków użytecznych przez użytkowników omawianych środków ochrony indywidualnej. Obserwowany subiektywnie efekt można scharakteryzować za pomocą amplitudowych i czasowych parametrów sygnału akustycznego mierzonych pod ochronnikami słuchu.

W artykule zaprezentowano wyniki pomiarów parametrów sygnału akustycznego związanych z efektem ograniczania przenoszenia sygnału przez ochronniki słuchu z regulowanym tłumieniem, w obecności impulsów akustycznych.

### Metodyka badań

Badania efektu ograniczania przenoszenia sygnału przez ochronniki słuchu polegały na pomiarach poziomu ciśnienia akustycznego pod ochronnikami słuchu w obecności sygnałów pozwalających obserwować analizowane zjawisko. W wyniku badań określano wartości równoważnego poziomu ciśnienia akustycznego, o które zmniejszał się on w momencie wystąpienia omawianego efektu, tj. bezpośrednio po wystąpieniu impulsu akustycznego. Wyznaczano również czas trwania efektu ograniczania przenoszenia sygnału przez ochronniki słuchu.

Ocena skutków ograniczania przenoszenia sygnału przez ochronniki słuchu możliwa jest poprzez pomiar poziomu ciśnienia akustycznego sygnału o charakterze ustalonym bezpośrednio po wystąpieniu impulsu akustycznego. Z tego powodu w badaniach niezbędne było zastosowanie dwóch rodzajów źródeł sygnału. Źródłem hałasu impulsowego było pneumatyczne źródło impulsów akustycznych, opracowane w Centralnym Instytucie Ochrony Pracy – Państwowym Instytucie Badawczym; natomiast źródłem hałasu o charakterze ustalonym (szum różowy) były natomiast cztery zestawy głośnikowe. Pozostała część toru odtwarzania szumu składała się z następujących elementów: odtwarzacz CD, wzmacniacze mocy, limiter, korektor. Badania przeprowadzano z użyciem testera akustycznego, odzwierciedlającego głowę osoby, i przetwornika do pomiaru właściwości impulsów akustycznych, spełniających wymagania normy ANSI/ASA S12.42-2010 [10]. Ochronniki słuchu podczas badań umieszczane były na testerze akustycznym. Wykorzystywane w badaniach stanowisko pomiarowe pokazano na rys. 1.

Układ regulowanego tłumienia ma za zadanie przenosić pod ochronnik słuchu sygnał o częstotliwości z zakresu pasma mowy. W związku z tym w trakcie badań uwzględniono pasmo tercjowe o częstotliwości środkowej 2000 Hz, ponieważ można w nim wyraźnie obserwować analizowany efekt ograniczania przenoszenia sygnału. Efekt ten jest w tym paśmie najsilniejszy w przypadku wszystkich uwzględnionych w badaniach modeli ochronników słuchu, co wynika z przeznaczenia układu regulowanego tłumienia.

W trakcie konfiguracji układu pomiarowego poszukiwano również wartości poziomu ciśnienia

akustycznego sygnału o charakterze ustalonym (tj. szumu), która byłaby najbardziej odpowiednia ze względu na możliwość charakteryzowania analizowanego zjawiska. Wstępne pomiary przeprowadzono przy różnych wartościach równoważnego poziomu dźwięku A szumu: 90, 80, 70 oraz 60 dB. Pozwoliło to zaobserwować, że efekt ograniczania przenoszenia sygnału przez ochronniki słuchu jest najbardziej zauważalny (obniżenie poziomu ciśnienia akustycznego w pasmie tercjowym o częstotliwości środkowej 2000 Hz trwa najdłużej), gdy na zewnątrz ochronnika słuchu odtwarzany był szum o równoważnym poziomie dźwięku A, wynoszącym 60 dB.

Jednocześnie, pomimo tego, że co prawda widmo szumu nie odwzorowuje widma sygnału mowy, równoważny poziom dźwięku A wynoszący 60 dB odpowiada mowie normalnej według klasyfikacji poziomu mowy, zawartej w PN-EN ISO 9921:2005 [11]. W związku z tym właściwie badania ochronników słuchu prowadzono przy tej wartości równoważnego poziomu dźwięku A szumu (60 dB).

### Ochronniki słuchu z regulowanym tłumieniem

Badaniami efektu ograniczania przenoszenia sygnału przez ochronniki słuchu objęto jedenaście ochronników słuchu z regulowanym tłumieniem różnych producentów. Było to dziewięć różnych modeli nauszników przeciwhałasowych oraz dwa różne modele wkładek przeciwhałasowych.

Wszystkie badane ochronniki słuchu oznakowane były znakiem CE wymaganym obligatoryjnie, aby produkt mógł być uznany za środek ochrony indywidualnej. Przybliżona cena uwzględnionych w badaniach ochronników słuchu z regulowanym tłumieniem zawierała się w zakresie od 110 do ok. 1300 zł.

### Wyniki badań

Efekt ograniczania przenoszenia sygnału przez ochronniki słuchu jest widoczny na wykresie typu spektrogram (rys. 2.). Wykres taki pozwala obserwować zmiany widma analizowanego sygnału w czasie i można na nich wyodrębnić obszary związane z obecnością impulsu akustycznego (rejon odpowiadający zdarzeniu występującemu w przedziale czasu od około 1,5 do 1,8 s). W przypadku, gdy pod ochronnikiem słuchu (prawa strona rys. 2.) występuje zjawisko związane z analizowanym efektem, obserwować można „przerwy” na spektrogramie, co – jak już wspomniano – wyraźnie widać w paśmie o częstotliwości środkowej 2000 Hz.

Bezpośrednio po impulsie akustycznym zauważalne jest obniżenie poziomu ciśnienia akustycznego. Wspomniana „przerwa” nie występowała, kiedy obserwowano spektrogramy dotyczące sytuacji, gdy ochronnik słuchu użytkowany był w trybie pasywnym, tj. bez włączonego układu regulowanego tłumienia.

Na rys. 3. przedstawiono wykres wartości poziomu ciśnienia akustycznego w paśmie o częstotliwości środkowej 2000 Hz, odpowiadający sytuacji przedstawionej wcześniej za pomocą spektrogramu po prawej stronie rys. 2. W przypadku danych liczbowych widocznych na rys. 3., wartości istotnie przewyższające przeciętny poziom ciśnienia akustycznego, które były związane z wystąpieniem impulsu akustycznego, wystąpiły w przedziale czasu 1,4-1,5 s. Wartości niższe od przeciętnych dotyczyły analizowanego efektu i wystąpiły w zakresie 1,6-2 s.

Analiza danych zamieszczonych na tego rodzaju wykresach, w przypadku wszystkich badanych ochronników słuchu, umożliwiła ustalenie czasu związanego z efektem ograniczania przenoszenia sygnału. Przyjęto, że kryterium traktowania określonego punktu pomiarowego jako związanego z efektem ograniczania przenoszenia sygnału przez ochronnik słuchu jest obniżenie poziomu ciśnienia akustycznego o wartość przekraczającą 3 dB względem tzw. wartości przeciętnej. Wartość przeciętną wyznaczano w przedziałach czasowych, w których nie występowało „wyłączenie” układu elektronicznego, oraz naturalnie tam, gdzie nie był obecny impuls akustyczny, wytwarzany przez źródło hałasu impulsowego.

Wspomnianą wartość przeciętną w przypadku danych analizowanych na rys. 3. zaznaczono czerwoną przerywaną linią. Zielona przerywana linia oznacza obniżenie poziomu ciśnienia akustycznego o 3 dB względem wartości przeciętnej. Punkty danych, które znalazły się poniżej zielonej przerywanej linii wskazują zatem na zakres czasu, w którym wystąpiło ograniczenie przenoszenia sygnału przez ochronnik słuchu (1,6-2 s).

Analizując wyniki badań funkcjonowania układu regulowanego tłumienia ochronników słuchu bezpośrednio po wystąpieniu impulsu akustycznego, wyznaczono wartości obniżenia równoważnego poziomu ciśnienia akustycznego w paśmie tercjowym o częstotliwości środkowej 2000 Hz, związane z efektem ograniczania przenoszenia sygnału przez ochronnik słuchu. Określono również czas trwania omawianego efektu. Wyznaczając wartości czasu oraz równoważnego poziomu ciśnienia akustycznego, związane z występowaniem analizowanego efektu, wzięto pod uwagę elementarne wartości dotyczące punktów danych, które znalazły się poniżej zielonej, przerywanej linii na rys. 3.

Ostateczne wyniki badań funkcjonowania układu regulowanego tłumienia ochronników słuchu, bezpośrednio po wystąpieniu impulsu akustycznego, przedstawiono na rys. 4. Efekt ograniczania przenoszenia sygnału przez ochronniki słuchu można traktować jako najsilniejszy, gdy równoważny poziom ciśnienia akustycznego w paśmie tercjowym o częstotliwości środkowej 2000 Hz (zmniejszenie poziomu pod ochronnikiem) i jednocześnie czas trwania analizowanego efektu będą przyjmować największe wartości.

Zauważyć można, że efekt ograniczania przenoszenia sygnału przez ochronniki słuchu jest najsilniejszy w przypadku 5 z 11 ochronników: nauszników oznaczonych na rys. 4. literami „B”, „D”, „E”, „I” oraz wkładki oznaczonej jako „L”. Czas trwania efektu zawiera się wtedy w zakresie od 0,9 do 1,2 s. Jednocześnie równoważny poziom ciśnienia akustycznego w paśmie tercjowym o częstotliwości środkowej 2000 Hz, związany z tym zjawiskiem, przyjmuje wartości od 14,6 do 16,3 dB. Efekt ograniczania przenoszenia sygnału przez ochronniki słuchu jest najsłabszy w przypadku nausznika oznaczonego literą „J” oraz wkładki „M”.

## Podsumowanie

Ograniczanie przenoszenia sygnału przez ochronniki słuchu jest wpisane w zasadę ich działania wynikającą z konieczności zapewnienia właściwej ochrony słuchu. Jednak w przypadku użytkownika ochronników słuchu z regulowanym tłumieniem w obecności hałasu impulsowego użytkownik subiektywnie silnie odczuwa zmiany

w poziomie sygnału do niego docierającego. Nagłe obniżenie poziomu sygnału przekazywanego użytkownikowi, a następnie ponowne uruchomienie przekazywania sygnału akustycznego prowadzi do wyraźnego postrzegania tych zmian jako efektu ograniczania przenoszenia sygnału przez ochronniki słuchu.

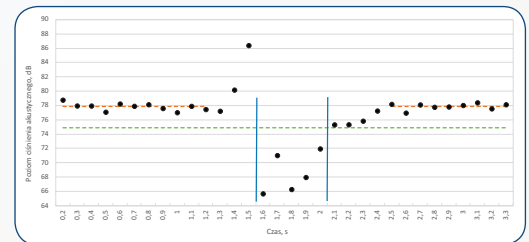
Biorąc pod uwagę, że obniżenie wartości równoważnego poziomu ciśnienia akustycznego w paśmie 2000 Hz może przekraczać nawet 16 dB, a czas trwania tego zjawiska to 1,2 s, może się zdarzyć, że użytkownik ochronnika słuchu nie usłyszy określonego słowa lub nie zrozumie jego treści. W związku z tym użytkownicy ochronników słuchu powinni zdawać sobie sprawę z ograniczeń w percepcji dźwięków, wynikających z przebywania w obecności hałasu impulsowego.

Przedstawione wyniki potwierdziły obecność obserwowanego subiektywnie efektu ograniczania przenoszenia sygnału przez ochronniki słuchu. Należy jednak zaznaczyć, że ocena wpływu obecności tego zjawiska np. na możliwości prowadzenia komunikacji werbalnej powinna być obiektem kolejnych badań polegających na określaniu zrozumiałości mowy w warunkach obecności hałasu impulsowego. W artykule wskazano także, że poszczególne ochronniki słuchu mogą różnić się między sobą co do intensywności analizowanego zjawiska.

Natomiast odpowiedzi na bardziej szczegółowe pytania, jak np. czy można wskazać rozwiązania ochronników słuchu, które są lepsze ze względu na zachowanie możliwości odbioru dźwięków otoczenia, pozostają także w sferze dalszych badań. Należy przy tym zaznaczyć, że pomimo niekorzystnego wpływu przedstawionego zjawiska na możliwość usłyszenia dźwięku użytkownego (mowy), stosowanie ochronników słuchu wyposażonych w funkcję regulowanego tłumienia jest i tak bardziej korzystne niż używanie pasywnych ochronników słuchu. Funkcja regulowanego tłumienia poprawia bowiem możliwość odbioru istotnych dźwięków przez znaczną część czasu użytkownika ochronników słuchu.

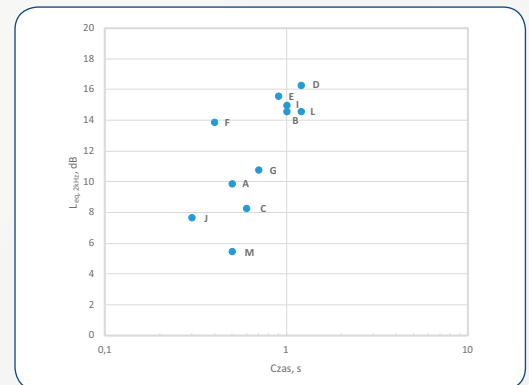
## BIBLIOGRAFIA

- [1] Rozporządzenie Ministra Gospodarki i Pracy z dnia 5 sierpnia 2005 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy pracach związanych z narażeniem na hałas lub drgania mechaniczne (Dz.U. 2005 nr 157 poz. 1318).
- [2] ALALI, K.A., CASALI, J.G. The challenge of localizing vehicle backup alarms: Effects of passive and electronic hearing protectors, ambient noise level, and backup alarm spectral content. *Noise Health* 2011, 13 (51):99-112, <http://dx.doi.org/10.4103/1463-1741.77202>.
- [3] GIGUÈRE, C., LAROCHE, C., VAILLANCOURT, V., SHMIGOL, E., VAILLANCOURT, T., CHIASSON, J., ROZON-GAUTHIER, V. A multidimensional evaluation of auditory performance in one powered electronic level-dependent hearing protector. *Proc. of 19th International Congress on Sound and Vibration 2012, ICSV 2012*. Vilnius, Lithuania, 2012, 2:1660-1667. International Institute of Acoustics & Vibration, 2012.
- [4] ALALI, K., CASALI, J.G. Auditory backup alarms: Distance-at-first-detection via in-situ experimentation on alarm design and hearing protection effects. *Work* 2012, 41 (SUPPL.1):3599-3607.
- [5] ZIMPFER, V., SARAFIAN, D. Impact of hearing protection devices on sound localization performance. *Front. Neurosci.* 2014, 8:135. doi: 10.3389/fnins.2014.00135.
- [6] MŁYŃSKI, R., KOZŁOWSKI, E. Directivity of hearing of auditory danger signal emitted by overhead crane. *Medycyna Pracy* 2016, 67 (5):589-597, <http://dx.doi.org/10.13075/mp.5893.00407>.
- [7] MŁYŃSKI, R., KOZŁOWSKI, E. Examination of recognition of the direction from which an industrial truck auditory danger signal was coming. *Measurement Automation and*



Rys. 3. Wartości poziomu ciśnienia akustycznego w paśmie o częstotliwości środkowej 2000 Hz, zmierzone pod ochronnikiem słuchu użytym w trybie regulowanego tłumienia (największe wzmocnienie), w obecności szumu o równoważnym poziomie dźwięku A wynoszącym 60 dB impulsu akustycznego. Dodatkowo naniesione dwie niebieskie pionowe linie wskazują przedział czasowy związany z ograniczeniem przenoszenia sygnału przez ochronnik słuchu

Fig. 3. Values of sound pressure level in the band with center frequency equal to 2000 Hz, measured underneath the hearing protector used in the level-dependent mode (the maximum amplification), and in the presence of the noise at the A-weighted equivalent sound pressure level equal to 60 dB and the acoustic impulse. Additional two blue vertical lines indicate the timeframe related to the effect of "blocking" the signal transfer through the hearing protector



Rys. 4. Zestawienie wartości równoważnego poziomu ciśnienia akustycznego i czasu trwania związanych z efektem ograniczania przenoszenia sygnału przez ochronniki słuchu bezpośrednio po wystąpieniu impulsu akustycznego. Nauszniki przeciwhałasowe oznaczono literami „A” do „J”, natomiast wkładki przeciwhałasowe literami „L” i „M”

Fig. 4. A comparison of the values of the equivalent sound pressure level and the duration time of the effect of "blocking" the signal transfer through the hearing protector directly after the appearance of the acoustic impulse. The earmuffs were marked with letters from "A" to "J", whereas earplugs were marked with letters from "L" to "M"

Monitoring 2017, 1 (63):6-9, <http://pak.info.pl/index.php?menu=artykulSzczegol&idArtykul=4676>.

[8] MŁYŃSKI, R., KOZŁOWSKI, E. Localization of vehicle back-up alarms by users of level-dependent hearing protectors under industrial noise conditions generated at a forge. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 2019, 16 (3):394, doi:10.3390/ijerph16030394.

[9] LEE, K., CASALI, J.G. Development of an auditory situation awareness test battery for advanced hearing protectors and TCAPS: detection subtest of DRILCOM (detection-recognition/identification-localization-communication). *Int J Audiol.* 2017, 56 (sup1):22-33, doi: 10.1080/14992027.2016.1256505.

[10] ANSI/ASA S12.42-2010. Methods for the measurement of insertion loss of hearing protectors in continuous or impulsive noise using microphone-in-real-ear or acoustic test fixture procedures.

[11] PN-EN ISO 9921:2005 Ergonomia – Ocena prozumowania się mową.

*Publikacja opracowana na podstawie wyników IV etapu programu wieloletniego „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy”, finansowanego w latach 2017-2019 w zakresie badań naukowych i prac rozwojowych przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego/Narodowe Centrum Badań i Rozwoju. Koordynator programu: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy.*