

dr inż. EWA KOTARBIŃSKA
Centralny Instytut Ochrony Pracy
– Państwowy Instytut Badawczy

Ochronniki słuchu

– przepisy, rozwiązania konstrukcyjne,
metody doboru

W artykule przedstawiono podstawy prawne dotyczące stosowania ochronników słuchu, zawarte w rozporządzeniach krajowych oraz w dyrektywie europejskiej. Omówiono konstrukcje klasycznych nasuszników i wkładek przeciwhałasowych oraz nowoczesnych ochronników słuchu z układami elektronicznymi. Zdefiniowano wielkości charakteryzujące skuteczność działania ochronników słuchu oraz omówiono standardowe metody doboru ochronników słuchu do wielkości charakteryzujących hałas. Opisano wpływ przerw w stosowaniu ochronników słuchu na skuteczność ochrony.

Hearing protectors – regulations, construction, methods of selection

Polish and European regulations concerning hearing protectors are presented in this article. The construction of passive ear-muffs and ear-plugs as well as hearing protectors fitted with electronic systems are described. Parameters that describe the performance of hearing protectors are defined. Standard methods of selecting hearing protectors according to their attenuation and noise are presented. Effective protection of hearing protectors according to the time they have been worn is discussed.

Wprowadzenie

Środki ochrony indywidualnej słuchu, zwane ochronnikami słuchu, są najprostszym i najszybszym sposobem ochrony narządu słuchu przed skutkami oddziaływania hałasu. Zgodnie z rozporządzeniem ministra pracy i polityki socjalnej z dnia 26 września 1997 r. w sprawie ogólnych przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy (DzU nr 119, poz. 844 ze zm.) pracodawca ma obowiązek *zapewnić ochronę pracowników przed zagrożeniami związanymi z narażeniem na hałas*. Pracodawca ma obowiązek w pierwszej kolejności zastosować odpowiednie środki techniczne (np. wyciszyć hałaśliwe maszyny, wykonać odpowiednią adaptację hali, zastosować ekrany) i organizacyjne (np. skrócić czas pracy na hałaśliwych stanowiskach pracy), a po ich wyczerpaniu, gdy w dalszym ciągu stwierdza się przekroczenie dopuszczalnych wartości hałasu, ma obowiązek *zaoptażyć pracowników w środki ochrony indywidualnej słuchu, dobrane do wielkości charakteryzujących hałas*

i do cech indywidualnych pracowników oraz zapewnić ich stosowanie.

Dopuszczalne wartości hałasu w środowisku pracy są podane w rozporządzeniu ministra pracy i polityki socjalnej z dnia 29 listopada 2002 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy (DzU nr 217, poz. 1833). Dopuszczalne wartości hałasu ze względu na ochronę słuchu wynoszą:

- poziom ekspozycji na hałas odniesiony do 8-godzinnej lub 40-godzinnej czasu pracy – 85 dB
- maksymalny poziom dźwięku A – 115 dB
- szczytowy poziom dźwięku C – 135 dB.

Zgodnie z wymienionymi krajowymi przepisami należy rozumieć, że w przypadku gdy zostały wyczerpane wszystkie możliwości techniczne ograniczenia hałasu na stanowisku pracy, i gdy w dalszym ciągu występuje przekroczenie choć jednej z trzech wymienionych wartości wielkości

charakteryzujących hałas, pracownicy muszą stosować ochronniki słuchu.

Koncepcja ochrony pracownika przed hałasem, usankcjonowana prawnie omówionymi rozporządzeniami, jest zgodna z dyrektywą 2003/10/WE z dnia 6 lutego 2003 r. w sprawie minimalnych wymagań w zakresie ochrony zdrowia i bezpieczeństwa dotyczących ryzyka związanego z narażeniem pracowników na czynniki fizyczne (hałas).

Dyrektywa ta mówi, że:

- *hałas docierający do ucha (pracownika) powinien być utrzymywany poniżej granicznych wartości ekspozycji*
- *jeżeli ryzyka wynikającego z narażenia na hałas nie można uniknąć za pomocą innych środków, pracodawca powinien udostępnić pracownikom właściwie dobrane środki ochrony indywidualnej słuchu oraz zapewnić ich stosowanie...*

Dyrektywa ustala następujące graniczne wartości ekspozycji (które nie mogą być przekraczane w żadnych okolicznościach):

- poziom ekspozycji na hałas odniesiony do 8-godzinnej dnia pracy – 87 dB
- szczytową wartość ciśnienia akustycznego skorygowanego charakterystyką C – 200 Pa.

Dyrektywa określa również tzw. wartości działania – górne i dolne, przy których należy podejmować określone działania (mające na celu ograniczenie ryzyka związanego z narażeniem na hałas):

- górne wartości działania: poziom ekspozycji na hałas odniesiony do 8-godzinnego dnia pracy – 85 dB, szczytową wartość ciśnienia akustycznego skorygowanego charakterystyką C – 140 Pa

- dolne wartości działania: poziom ekspozycji na hałas odniesiony do 8-godzinnego dnia pracy – 80 dB, szczytową wartość ciśnienia akustycznego skorygowanego charakterystyką C – 112 Pa.

Zgodnie z dyrektywą, środki ochrony indywidualnej słuchu muszą być stosowane, gdy narażenie na hałas osiąga lub przekracza górne wartości działania,

natomiast udostępnione pracownikom, gdy narażenie na hałas przekracza dolne wartości działania.

Właściwości akustyczne środków ochrony indywidualnej słuchu są oceniane w procesie certyfikacji, którego celem jest zbadanie ich zgodności z dyrektywą 89/686/EWG dotyczącą środków ochrony indywidualnej. Na obszarze Unii Europejskiej do obrotu mogą być wprowadzane tylko te środki ochrony indywidualnej, które spełniają wymagania określone w tej dyrektywie. Ochronniki słuchu spełniające te wymagania są oznakowane znakiem CE.

Rozwiązania konstrukcyjne

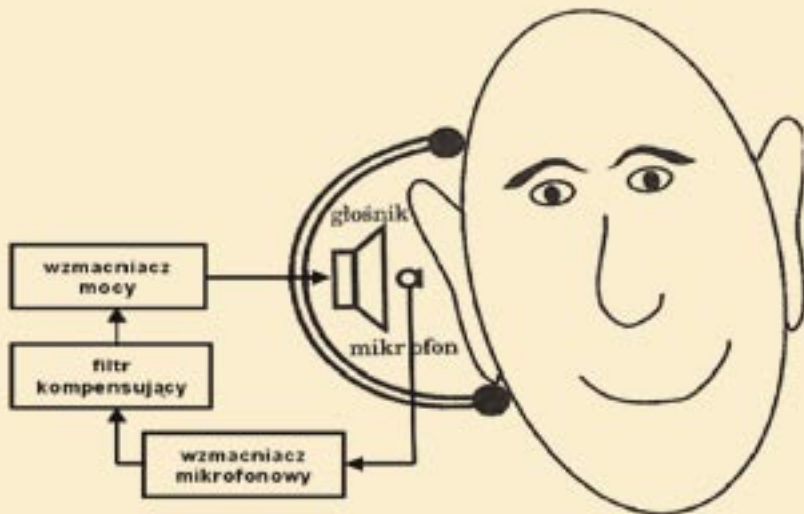
Ochronniki słuchu dzielą się na nauszники przeciwhałasowe i wkładki przeciwhałasowe.

Nauszniki przeciwhałasowe składają się z czasze tłumiących, które obejmują małżowiny uszne i przylegają do głowy miękkimi poduszkami uszczelniającymi. Mogą być niezależne lub mocowane do hełmów ochronnych. W przypadku nauszników niezależnych czasze tłumiące są połączone sprężyną dociskową, wykonaną zazwyczaj z metalu lub tworzywa sztucznego, przeznaczoną do noszenia na szczycie głowy, z tyłu głowy lub pod brodą. Nauszniki uniwersalne mają sprężynę przystosowaną do noszenia we wszystkich trzech wymienionych pozycjach. Nauszniki przeciwhałasowe występują w trzech rozmiarach: normalnym, małym i dużym. W przypadku nahałmowych nauszników przeciwhałasowych czasze tłumiące są mocowane za pomocą półsprężyn do przemysłowych hełmów ochronnych.

Niezależne i nahałmowe nauszники przeciwhałasowe mogą być wyposażone w układy elektroniczne. Nauszniki z układami elektronicznymi dzielą się na trzy grupy: z układem aktywnej redukcji hałasu, z regulowanym tłumieniem oraz łącznością przewodową i bezprzewodową.

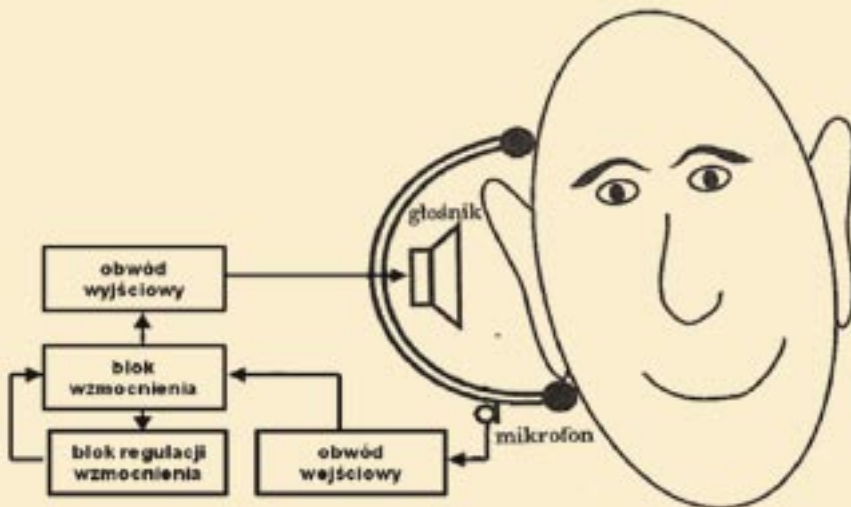
Na rys. 1. przedstawiono schemat ideowy nausznika przeciwhałasowego z układem aktywnej redukcji hałasu. Układ elektroniczny do aktywnej redukcji hałasu umożliwia podwyższenie skuteczności ochronnika w zakresie niskich częstotliwości, do około 400 Hz, o średnio kilkanaście dB, w stosunku do skuteczności przeciętnych klasycznych nauszników przeciwhałasowych. Rolą układu elektronicznego jest wprowadzenie pod czaszę nausznika sygnału kompensującego hałas niskoczęstotliwościowy.

Na rys. 2. przedstawiono schemat ideowy nausznika przeciwhałasowego z regulowanym tłumieniem. Zadaniem układu elektronicznego jest wzmacnianie dźwięków otoczenia o niskich poziomach, a tłumienie dźwięków otoczenia o niskich poziomach. Nausznik ten zapewnia użytkownikowi dobrą zrozumiałość mowy i słyszalność dźwiękowych sygnałów ostrzegawczych. Optymalnymi warunkami akustycznymi stosowanymi nauszników z regulowanym tłumieniem są hałasy o dużej dynamice poziomów dźwięku A. W takich warunkach użytkownik ochronnika słuchu będzie dobrze odbierał wszelkie informacje akustyczne w okresach „cichych” i jednocześnie jego narząd słuchu będzie dobrze



Rys. 1. Schemat ideowy nauszników przeciwhałasowych z układem aktywnej redukcji hałasu [1]

Fig. 1. Layout of active noise reduction ear-muffs [1]



Rys. 2. Schemat ideowy nauszników przeciwhałasowych z regulowanym tłumieniem

Fig. 2. Layout of level-dependent ear-muffs

zabezpieczony przed skutkami oddziaływania hałasu o wysokich poziomach.

Wkładki przeciwhałasowe są to ochronniki słuchu przeznaczone do szczelnego zamknięcia zewnętrznego przewodu słuchowego. Wkładki mogą być jednorazowego lub wielokrotnego użytku. Wkładki wielokrotnego użytku mogą być dostarczane z łączącym je sznureczkiem lub sprężyną dociskową. Wkładki przeciwhałasowe mogą być modelowane fabrycznie, formowane przez użytkownika lub formowane przez producenta indywidualnie dla każdego użytkownika, z uwzględnieniem specyfiki budowy przewodu słuchowego.

Wkładki przeciwhałasowe modelowane fabrycznie są zazwyczaj wykonane z materiałów miękkich, np. silikonu, gumy, tworzyw sztucznych. Wkładki są dostępne w różnych rozmiarach, o średnicach w zakresie 5 +14 mm. Wkładki przeciwhałasowe formowane przez użytkownika są wykonane z materiałów ściśliwych, np. będących kompozycją wosków i waty bawełniano-wiskozowej. Użytkownik kształtuje wkładki przed włożeniem ich do zewnętrznego przewodu słuchowego. Po umieszczeniu wkładek w przewodach słuchowych ulegają one rozszerzeniu, wypełniając szczelnie kanały.

Wkładki przeciwhałasowe formowane indywidualnie dla użytkownika są wykonane z twardych tworzyw sztucznych i ich kształty odpowiadają kształtom

zewnętrznych przewodów słuchowych użytkownika.

W ostatnim okresie pojawiły się – głównie do zastosowań wojskowych – wkładki przeciwhałasowe wyposażone w układy elektroniczne. Istota ich właściwości użytkowych jest taka sama jak w przypadku nauszników przeciwhałasowych wyposażonych w analogiczne układy elektroniczne.

Wielkości charakteryzujące właściwości ochronne

Właściwości ochronne nauszników i wkładek przeciwhałasowych są badane w procesie certyfikacji, w notyfikowanych laboratoriach europejskich. Podstawową wielkością akustyczną, opisującą ilościowo właściwości ochronne, jest tłumienie dźwięku [2]. Tłumienie dźwięku definiowane jest jako algebraiczna różnica (w dB) dla danego sygnału testowego, między progiem słyszenia słuchacza biorącego udział w badaniu – z ochronnikiem słuchu i bez ochronnika słuchu. Sygnałem testowym jest szum różowy filtrowany w pasmach terejowych o częstotliwościach środkowych pasm oktaowych od 125 do 8000 Hz.

Pomiary tłumienia dźwięku są badaniami subiektywnymi, przeprowadzanymi z udziałem 16 słuchaczy, zgodnie z metodą opisaną w normie PN-EN ISO 24869-1:1999 [3]. W wyniku przeprowadzonych pomiarów otrzymuje się dla każdego pasma częstotliwości średnie wartości tłumienia dźwięku oraz ich odchylenia standardowe.

Na podstawie zmierzonych wartości tłumienia dźwięku ochronnika słuchu, zgodnie z zależnościami podanymi w normie PN-EN ISO 4869-2:2002 [4], obliczane są następujące wielkości charakteryzujące właściwości ochronne:

- tłumienie wysokoczęstotliwościowe H
- tłumienie średniczęstotliwościowe M
- tłumienie niskoczęstotliwościowe L
- jednoliczbowa ocena tłumienia.

Tłumienie H , M , L określa liczbowo, o ile obniży się poziom dźwięku A przy błonie bębenkowej ucha po zastosowaniu ochronnika słuchu, gdy hałas jest odpowiednio wysokoczęstotliwościowy, średniczęstotliwościowy i niskoczęstotliwościowy.

Jednoliczbowa ocena tłumienia ochronnika słuchu określa wartość, którą należy odjąć od poziomu dźwięku C hałasu, aby oszacować wartość poziomu dźwięku A przy błonie bębenkowej ucha po zastosowaniu danego ochronnika.

Metody szacowania poziomu dźwięku A pod ochronnikiem słuchu

Podstawowym założeniem doboru ochronników słuchu jest zapewnienie poziomu dźwięku A (lub równoważnego poziomu) pod ochronnikiem słuchu mniejszego od wartości dopuszczalnej, czyli w przypadku naszego kraju poniżej 85 dB.

W zależności od rodzaju dostępnych danych pomiarowych hałasu na rozpatrywanych stanowiskach pracy należy wybrać odpowiednią metodę doboru ochronników słuchu. W jednym przypadku danymi pomiarowymi będą wartości poziomu ciśnienia akustycznego w pasmach oktaowych, w innych wartości poziomu dźwięku C i A . Metody doboru ochronników słuchu opierają się na średnich wartościach tłumienia dźwięku i nie biorą pod uwagę żadnych specyficznych cech określonej osoby. Dlatego też przyjmuje się, że uzyskane wyniki są prawidłowe przy określonym poziomie ochrony x (%). Zgodnie z definicją podaną w PN-EN ISO 4869-2:2002 [4], poziom ochrony jest to odsetek sytuacji, w których efektywny poziom dźwięku A pod ochronnikiem nie jest większy od wartości obliczonej. Najczęściej przyjmuje się poziom ochrony równy 85%.

Doboru ochronników słuchu do wielkości charakteryzujących hałas na stanowisku pracy dokonuje się metodą dokładną pasm oktaowych lub metodami przybliżonymi, tzw. metodą HML lub SNR.

Aby zastosować metodę dokładną, niezbędna jest znajomość zmierzonych na stanowisku pracy wartości poziomu ciśnienia akustycznego w pasmach oktaowych w zakresie częstotliwości środkowych 125 – 8000 Hz oraz wartości średniego tłumienia dźwięku i jego odchylenia standardowych w pasmach oktaowych rozpatrywanego ochronnika słuchu. Poziom dźwięku A pod ochronnikiem szacuje się zgodnie z zależnością (1):

$$L'_A = 10 \lg \sum_{f=125}^{8000} 10^{0,1(L_{Af} + S_f - s_f)} \quad (1)$$

gdzie:

L_{Af} – poziom ciśnienia akustycznego hałasu w pasmach oktaowych, skorygowany charakterystyką A

S_f – średnie tłumienie dźwięku ochronnika słuchu w kolejnych pasmach częstotliwości

s_f – odchylenie standardowe średniego tłumienia dźwięku w kolejnych pasmach częstotliwości.

Metoda HML opiera się na znajomości poziomów dźwięku C i A hałasu na stanowisku pracy oraz znajomości wartości parametrów ochronnych: H , M , L . Poziom



dźwięku A pod ochronnikiem szacuje się na podstawie zależności (2, 3, 4):

$$L'_A = L_A - PNR \quad (2)$$

$$PNR = M - \frac{H-M}{4} (L_C - L_A - 2 \text{ dB})$$

dla $L_C - L_A \leq 2 \text{ dB}$ (3)

$$PNR = M - \frac{H-L}{4} (L_C - L_A - 2 \text{ dB})$$

dla $L_C - L_A > 2 \text{ dB}$ (4)

gdzie:

L_A – poziom dźwięku A hałasu

L_C – poziom dźwięku C hałasu

H, M, L – tłumienie (odpowiednio) wysokoczęstotliwościowe, średniczęstotliwościowe, niskoczęstotliwościowe ochronnika słuchu.

Metoda SNR bazuje na znajomości wartości parametru SNR ochronnika oraz wynikach pomiaru poziomu dźwięku C hałasu na stanowisku pracy. Poziom dźwięku A pod ochronnikiem szacowany jest zgodnie z zależnością (5):

$$L'_A = L_C - SNR \quad (5)$$

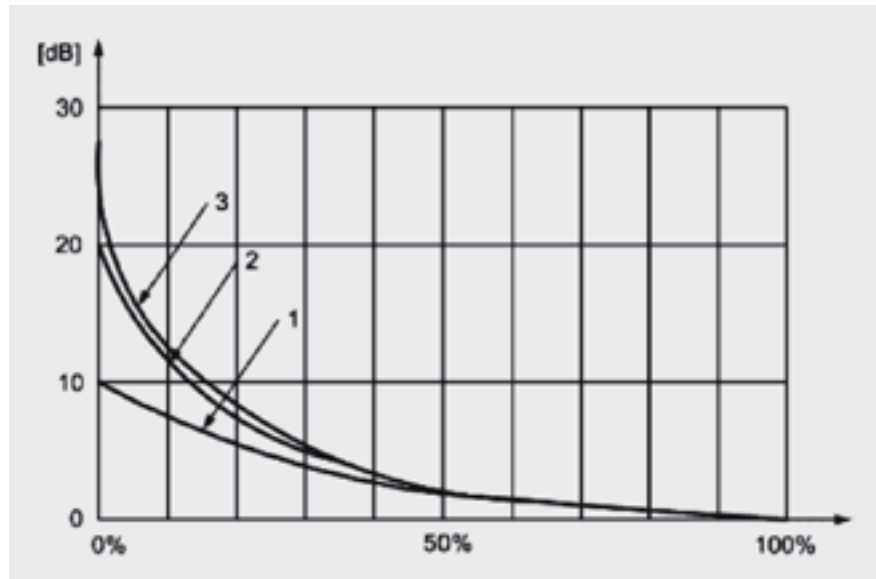
Przedstawione metody szacowania poziomu dźwięku A pod ochronnikiem słuchu, zgodnie z zaleceniami przedmiotowych norm, nie biorą pod uwagę następujących czynników warunkujących skuteczność działania ochronnika:

- procesu starzenia się ochrony w czasie jej użytkowania
- wpływu rzeczywistych warunków akustycznych, w jakich użytkowany jest ochronnik słuchu, na jego skuteczność działania.

Badania prowadzone w ostatnich latach w Centralnym Instytucie Ochrony Pracy – Państwowym Instytucie Badawczym wykazały, że oba wymienione czynniki w istotny sposób warunkują właściwości ochronne użytkowanych ochronników słuchu.

Trzyletnie badania wpływu czasu użytkowania i magazynowania oraz oddziaływania warunków atmosferycznych na właściwości ochronne naszników przeciwhałasowych [5] wykazały, że wpływ ten jest różny na różne wzory i w przypadku niektórych wyrobów może być bardzo istotny. W przypadku jednego z badanych wzorów obserwowano obniżenie wartości tłumienia do $8 \div 10 \text{ dB}$.

Badania rzeczywistej skuteczności akustycznej naszników przeciwhałasowych, przeprowadzone na hałaśliwych stanowiskach pracy w wybranych zakładach pracy, wykazały [6], że może ona być



Rys. 3. Skuteczność ochrony jaką zapewnia stosowanie trzech różnych ochronników słuchu w funkcji czasu przerwy w ich użytkowaniu: 1 – ochronnik o tłumieniu $PNR = 10 \text{ dB}$; 2 – ochronnik o tłumieniu $PNR = 20 \text{ dB}$; 3 – ochronnik o tłumieniu $PNR = 30 \text{ dB}$ [7]

Fig. 3. Effective attenuation of three hearing protectors versus the duration of the breaks in wearing them: 1 – hearing protector with an attenuation of $PNR=10 \text{ dB}$, 2 – hearing protector with an attenuation of $PNR=20 \text{ dB}$, 3 – hearing protector with an attenuation of $PNR=30 \text{ dB}$ [7]

istotnie mniejsza od skuteczności szacowanej w procesie certyfikacji na podstawie pomiarów laboratoryjnych, zgodnie z PN-EN-ISO 24869-1 [3].

Wpływ przerw w stosowaniu ochronników słuchu na skuteczność ochrony

Podstawowym warunkiem skutecznej ochrony narządu słuchu człowieka stosującego ochronniki słuchu jest nieprzerwane ich stosowanie przez cały czas narażenia na hałas. Nawet krótkie przerwy w użytkowaniu ochronników słuchu podczas przebywania w hałasie niweczą cały trud zabezpieczania narządu słuchu. Na rys. 3. przedstawiono teoretyczny wykres skuteczności ochrony w funkcji czasu użytkowania trzech różnych ochronników słuchu, o przykładowych różnych wartościach tłumienia PNR (3, 4).

Na podstawie przedstawionego wykresu możemy stwierdzić, że np. jednogodzinna przerwa (12,5% względem 8 godzin) spowoduje obniżenie skuteczności w przypadku ochronników o tłumieniu 30 dB i 20 dB do około $12 \div 13 \text{ dB}$, a w przypadku

ochronnika o tłumieniu 10 dB do około 8 dB . Skrócenie czasu użytkowania każdego z trzech ochronników o połowę (z 8 godzin do 4 godzin) powoduje, że ich skuteczność ochrony jest taka sama i wynosi około 2 dB .

PIŚMIENNICTWO

- [1] Engel Z., Makarewicz G., Morzyński L., Zawieska W. M. *Metody aktywne redukcji hałasu*. CIOP, Warszawa 2001
- [2] PN-EN 458:1999 *Ochronniki słuchu – zalecenia dotyczące doboru, użytkowania, konserwacji codziennej i okresowej – Dokument przewodni*
- [3] Norma PN-EN ISO 24869-1:1999 *Akustyka – Ochronniki słuchu – Metoda subiektywna pomiaru tłumienia dźwięku*
- [4] PN-EN ISO 4869-2:2002 *Akustyka – Ochronniki słuchu – Szacowanie efektywnych poziomów dźwięku A pod ochronnikiem słuchu*
- [5] Kotarbińska E. *Zmiany tłumienia naszników przeciwhałasowych w funkcji czasu*. „Hałas – Profilaktyka – Zdrowie” Wyd. PTH Oddział w Koszalinie, 2004, s. 26-32
- [6] Kozłowski E., Kotarbińska E., Lipowczan A. *Real world efficiency of ear-muffs: measurements at noisy work-stands*. Proceedings Inter-Noise 2004, Praga, Czechy, CD-ROM
- [7] EN 458:2004 *Hearing protectors – Recommendations for selection, use, care and maintenance – Guidance document*

Publikacja została opracowana w ramach zadania badawczego nr II-06 pt. „Opracowanie obiektywnej metody badań i kryterium oceny właściwości akustycznych wkładek przeciwhałasowych” realizowanego w Centralnym Instytucie Ochrony Pracy – Państwowym Instytucie Badawczym