

**Ewa Kotarbińska**  
*Politechnika Warszawska*  
*Zakład Elektroakustyki Instytutu Radioelektroniki*

## **Indywidualne ochrony słuchu - skuteczność ich działania w środowisku pracy**

### **Streszczenie**

Celem referatu jest przedstawienie przyczyn rozbieżności pomiędzy skutecznością działania ochronników słuchu w warunkach laboratoryjnych podczas badań certyfikacyjnych i ich skutecznością w warunkach rzeczywistych podczas użytkowania przez pracowników. W artykule omówiono standardowe laboratoryjne badania tłumienia dźwięku i tłumienia wtrącenia ochronników słuchu oraz badania skuteczności ich działania w warunkach rzeczywistych. Na podstawie dotychczasowych wyników badań przedstawiono ocenę ilościową wpływu czasu użytkowania i magazynowania oraz stanu technicznego noszonych nauszników przeciwhałasowych na ich tłumienie. Przedstawiono wyniki obiektywnych badań laboratoryjnych dwudziestu popularnych w środowisku pracy wkładek przeciwhałasowych, przeprowadzonych dla potrzeb oceny jakości wyrobu.

**Słowa kluczowe:** *ochronniki słuchu, nauszniki przeciwhałasowe, wkładki przeciwhałasowe.*

### **Abstract**

The aim of the paper is to present the analysis of the discrepancy causes between the protection efficiency of hearing protectors tested in laboratories during the certification process and efficiency in the real world when hearing protectors are worn by workers. The standards tests of sound attenuation and insertion loss of hearing protectors as well as testing of real world attenuation of ear-muffs are described. The paper presents the quantitative evaluation of study results on the influence of the usage and storage time on the ear-muffs attenuation. The influence of a way of wearing and technical condition of ear-muffs are discussed. The results of the objective laboratory tests for quality product evaluation purpose for twenty models of ear-plugs popular in working environment are presented.

**Keywords:** *hearing protectors, ear-muffs, ear-plugs.*

## **1. Wprowadzenie**

Pomimo wielu uregulowań prawnych w Europie, dotyczących ochrony przed hałasem w środowisku pracy, około 10% pracowników w krajach Unii Europejskiej jest

narażonych na hałas o poziomach zagrażających prawidłowemu działaniu ich organu słuchu, co skutkuje tym, że głuchota zawodowa zajmuje jedno z pierwszych miejsc na krajowych listach chorób zawodowych [1]. Dyrektywa 2003/10/EC [2] Parlamentu Europejskiego i Rady zobowiązuje pracodawców do oceny i, jeśli zachodzi taka potrzeba, do pomiaru hałasu na jaki narażeni są pracownicy. *Jeżeli ryzyka wynikającego z narażenia na hałas nie można uniknąć za pomocą innych środków, pracodawca powinien udostępnić pracownikom właściwie dobrane indywidualne ochrony słuchu oraz zapewnić ich stosowanie.* Gdy wartości wielkości charakteryzujących hałas w środowisku pracy przekraczają wartości progów działania, wówczas pracodawca ma obowiązek udostępnić pracownikom ochronniki słuchu. Wartości progów działania wynoszą: 80 dB poziomu ekspozycji na hałas odniesionego do 8-godzinnego dnia pracy/tygodnia pracy oraz 135 dB szczytowego poziomu dźwięku C. Gdy wartości wielkości charakteryzujących hałas w środowisku pracy przekraczają wartości NDN, wówczas pracodawca ma obowiązek dostarczyć pracownikom ochronniki słuchu oraz nadzorować prawidłowość ich stosowania. Wartości NDN wynoszą: 85 dB poziomu ekspozycji na hałas odniesionego do 8-godzinnego dnia pracy/tygodnia pracy, 115 dB maksymalnego poziomu dźwięku A oraz 135 dB szczytowego poziomu dźwięku C.

Prawidłowo dobrane ochrony słuchu gwarantują obniżenie poziomu dźwięku A przy błonie bębenkowej ucha poniżej 80 dB (optymalny zakres 70 – 75 dB). Istnieje kilka metod standardowych [3], które umożliwiają obliczenie prognozowanego poziomu dźwięku A przy błonie bębenkowej ucha podczas stosowania ochronników słuchu. Danymi wejściowymi do obliczeń są wartości tłumienia ochronników, które są badane w procesie ich certyfikacji, w laboratoriach notyfikowanych [4].

Dyrektywa hałasowa [2] wprowadza również obowiązek, gdy poziomy hałasu osiągają wartości dopuszczalne, uwzględniania rzeczywistego tłumienia ochronników słuchu w warunkach rzeczywistych, podczas ich użytkowania (cyt. *“take account of the attenuation provided by the individual hearing protectors worn by the worker”*). Wymóg ten, oczywisty z punktu widzenia filozofii ochrony słuchu, jest trudny do spełnienia przez pracodawcę ze względu na:

- brak standardowych metod pomiaru i oceny skuteczności działania ochronników w warunkach rzeczywistych, jak również
- niezajomość związków ilościowych pomiędzy skutecznością ochrony w warunkach laboratoryjnych (zbadaną w procesie certyfikacji) oraz podczas użytkowania w środowisku pracy.

Fakt rozbieżności pomiędzy skutecznością działania ochronników słuchu w warunkach laboratoryjnych i rzeczywistych jest przedmiotem zainteresowania od wielu lat [5]. Aktualnie, dyskutowana jest na forum europejskim koncepcja wprowadzenia standardowych poprawek korygujących wartości tłumienia ochronników słuchu zmierzonych w procesie certyfikacji. Niemcy proponują [6] odejmowanie od wartości zmierzonych w laboratorium: 9 dB dla wkładek przeciwhałasowych, 5 dB dla nauszników przeciwhałasowych, 3 dB dla wkładek indywidualnie formowanych dla użytkownika. Anglicy proponują [7] odejmowanie 4 dB od zmierzonych wartości tłumienia

w przypadku wszystkich ochronników, niezależnie od typu ochronnika. Amerykanie zalecają [8] pomniejszanie zmierzonych w laboratorium wartości o 25% w przypadku nauszników przeciwhałasowych, o 50% w przypadku wkładek przeciwhałasowych indywidualnie formowanych dla użytkownika oraz o 75% dla wszystkich pozostałych rodzajów wkładek.

Koncepcja rozwiązania problemu ilościowej oceny skuteczności działania ochronników słuchu w warunkach rzeczywistych drogą korekty wartości tłumienia zmierzonych w procesie certyfikacji oparta jest na podejściu formalnym, uzasadnionym jedynie wymogiem prawnym [9]. Celem niniejszego referatu jest analiza, oparta na wynikach dotychczasowych badań, przyczyn rozbieżności pomiędzy skutecznością działania ochronników słuchu w warunkach laboratoryjnych oraz ich skutecznością w warunkach rzeczywistych.

## **2. Standardowe badania laboratoryjne skuteczności działania ochronników słuchu**

Badania laboratoryjne skuteczności działania ochronników słuchu przeprowadzane są w procesie ich certyfikacji, w notyfikowanych laboratoriach europejskich. Badania te wykonywane są z wykorzystaniem nowych próbek ochronników słuchu, dostarczanych do laboratorium bezpośrednio przez producenta. W przypadku nauszników przeciwhałasowych wykonywane jest badanie subiektywne tłumienia dźwięku oraz badanie obiektywne tłumienia wtrącenia. W przypadku wkładek przeciwhałasowych wykonywane jest jedynie badanie subiektywne tłumienia dźwięku, badanie metodą obiektywną nie jest wykonywane. Oznacza to, że rynek europejski oferuje wkładki przeciwhałasowe (oznakowane znakiem CE), które nie były badane pod kątem rozrzutu ich właściwości akustycznych, w celu oceny jakości wyrobu.

Podstawową wielkością akustyczną opisującą ilościowo ich właściwości ochronne jest tłumienie dźwięku definiowane jako algebraiczna różnica (w dB) dla danego sygnału testowego, między progiem słyszenia słuchacza biorącego udział w badaniu, z ochronnikiem słuchu i bez ochronnika. Badania tłumienia dźwięku przeprowadzane są z udziałem 16 słuchaczy, zgodnie z metodyką opisaną w normie PN-EN 24869-1 [10]. Słuchacze biorący udział w badaniach są słuchaczami wytrenowanymi o prawidłowym słuchu. Badane ochronniki są zakładane przez słuchacza i noszone w czasie badania w sposób prawidłowy, zgodnie z instrukcją producenta, pod kontrolą osoby prowadzącej badania. W obszarze testowym, w którym znajduje się słuchacz, panuje pole quasi-dyfuzyjne. Sygnałem testowym jest szum różowy filtrowany w pasmach tercjowych, o częstotliwościach środkowych pasm oktaowych od 125 Hz do 8000 Hz. W wyniku przeprowadzonych pomiarów otrzymuje się dla każdego pasma częstotliwości średnie wartości tłumienia dźwięku oraz ich odchylenia standardowe.

Aby ochronnik słuchu spełniał wymagania dotyczące minimum właściwości ochronnych, wartości minimalnego tłumienia (średnie tłumienie pomniejszone o jedno odchylenie standardowe) nie może być mniejsze od 5 dB dla pasma o częstotliwości

środkowej 125 Hz, 8 dB dla pasma o częstotliwości środkowej 250 Hz, 10 dB dla pasma 500 Hz i 12 dB dla kolejnych pasm o wyższych częstotliwościach środkowych [11, 12].

Zmierzone wartości tłumienia dźwięku są podstawą do obliczenia, zgodnie z zależnościami podanymi w normie PN-EN ISO 4869-2 [3], następujących wielkości: tłumienia wysokoczęstotliwościowego H, średniczęstotliwościowego M, niskoczęstotliwościowego L, oraz jednoliczbowej oceny tłumienia SNR (Single Number Rating). 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 określa wartość, którą należy odjąć od poziomu dźwięku C hałasu, aby oszacować wartość poziomu dźwięku A przy błonie bębenkowej ucha po zastosowaniu danego ochronnika. Dane liczbowe dotyczące średniego tłumienia dźwięku wraz z odchyleniem standardowym w funkcji częstotliwości, minimalnego tłumienia dźwięku oraz wartości tłumień H, M, L, SNR są podawane w informacji dla użytkownika. Są to dane liczbowe służące do prognozowania poziomu dźwięku A przy błonie bębenkowej ucha podczas stosowania ochronnika słuchu.

W celu oceny jakości wyrobu nauszników przeciwhałasowych wykonywane są również badania obiektywne tłumienia wtrącenia. Tłumienie wtrącenia jest to algebraiczna różnica (w dB) między poziomami ciśnienia akustycznego mierzonymi mikrofonem testera bez nauszników przeciwhałasowych i przy założonych nausznikach przeciwhałasowych na tester, zgodnie z metodyką opisaną w normie PN-EN 24869-3 [13]. Sygnałem testowym jest szum różowy w pasmach tercjowych o częstotliwościach środkowych od 63 Hz do 8000 Hz. Badanie wykonuje się dla 10 próbek nauszników, dla obu czasz tłumiących. Wymagane jest [12], aby odchylenie standardowe tłumienia wtrącenia nauszników przeciwhałasowych nie było większe niż 4 dB w czterech sąsiednich pasmach tercjowych i nie większe niż 7 dB w jakimkolwiek tercjowym paśmie oddzielnie. Wyniki pomiarów tłumienia wtrącenia nie są podawane w informacji dla użytkownika.

### **3. Metody prognozowania poziomu dźwięku A pod ochronnikiem słuchu**

Podstawowym założeniem doboru indywidualnych ochron słuchu jest zapewnienie poziomu dźwięku A (lub równoważnego poziomu dźwięku A) pod ochronnikiem mniejszego od wartości poziomu działania wynoszącego w przypadku Polski 80 dB. W zależności od rodzaju dostępnych danych pomiarowych hałasu na stanowisku pracy należy wybrać odpowiednią metodę doboru ochronników słuchu. Metody doboru ochronników opierają się na średnich wartościach tłumienia dźwięku i nie biorą pod uwagę żadnych specyficznych cech osobniczych. Dlatego też, przyjmuje się, że uzyskane wyniki są prawidłowe przy określonym poziomie ochrony  $x$  (%), definiowanym jako 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 dokonuje się metodą dokładną pasm oktaowych lub metodami przybliżonymi – tzw. metodą HML lub SNR [14]. Aby zastosować metodę dokładną niezbędna jest znajomość zmierzonych wartości poziomu ciśnienia akustycznego hałasu w pasmach oktaowych, w zakresie częstotliwości środkowych 125 - 8000 Hz oraz wartości średniego tłumienia dźwięku (wraz z odchyleniami standardowymi) rozpatrywanego ochronnika słuchu. Poziom dźwięku A pod ochronnikiem szacuje się zgodnie z zależnością (1).

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

gdzie:

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

$S_f$  – średnie tłumienie dźwięku ochronnika słuchu w pasmach częstotliwości,

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

#### **4. Badania skuteczności działania nauszników przeciwhałasowych w warunkach rzeczywistych**

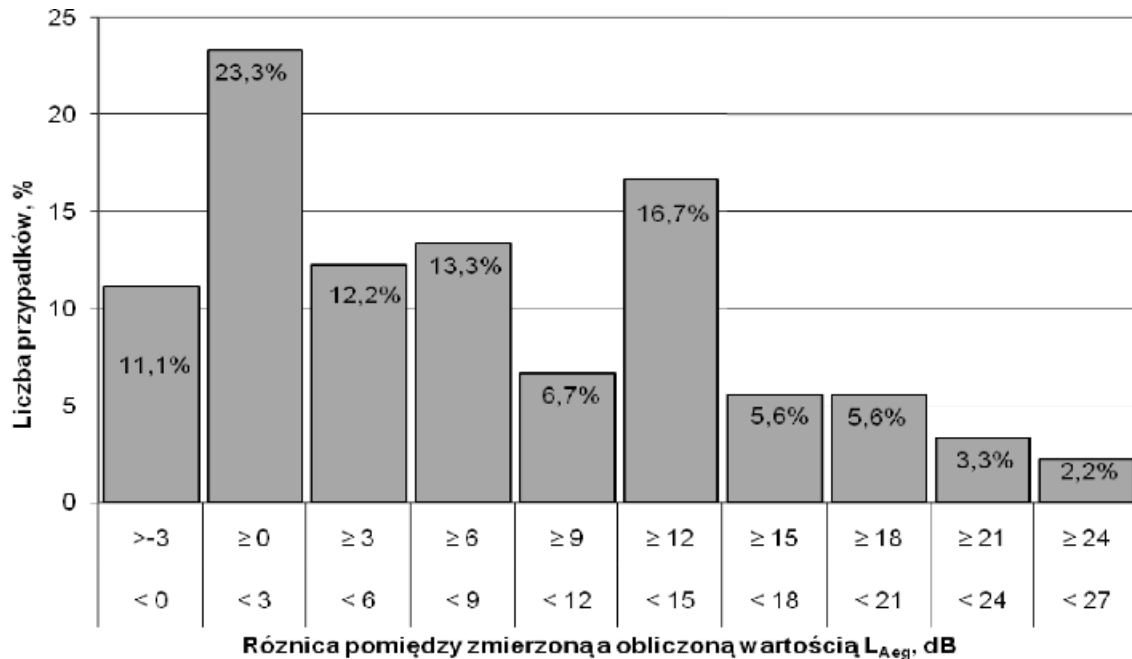
W celu oceny tłumienia nauszników przeciwhałasowych w warunkach rzeczywistych oraz rozpoznania przyczyn rozbieżności pomiędzy prognozowaną i rzeczywistą ich skutecznością działania podjęto w Centralnym Instytucie Ochrony Pracy - Państwowym Instytucie Badawczym następujące badania przedmiotowe [15]. W badaniach wzięło udział 90 pracowników stosujących nauszniki przeciwhałasowe. Mierzono przebiegi czasowe wielkości charakteryzujących hałas w czterech punktach pomiarowych: w obu małżowinach usznych pracownika pod czaszami tłumiącymi nauszników i na zewnątrz obu czasz. Na rys. 1 przedstawiono zdjęcie przykładowego pracownika w czasie pomiarów, z zamocowanym miniaturowym czterokanałowym analizatorem SVAN 948.



Rys. 1. Pomiary skuteczności działania nauszników przeciwhałasowych w warunkach rzeczywistych.

Źródło: E. Kotarbińska, E. Kozłowski: *Assessment of exposure to noise with ear-muffs worn* International Journal of Occupational Safety and Ergonomics, 2009, Vol.15, No 2, s. 193-200.

Zmierzone wartości ekwiwalentnego poziomu dźwięku A porównano z wartościami przewidywanymi teoretycznie metodą pasm oktaowych, zgodnie z zależnością (1). Na rys. 2 przedstawiono procentowy rozkład statystyczny wartości różnic pomiędzy poziomami mierzonymi pod czasami nauszników i obliczonymi zgodnie z podaną zależnością.

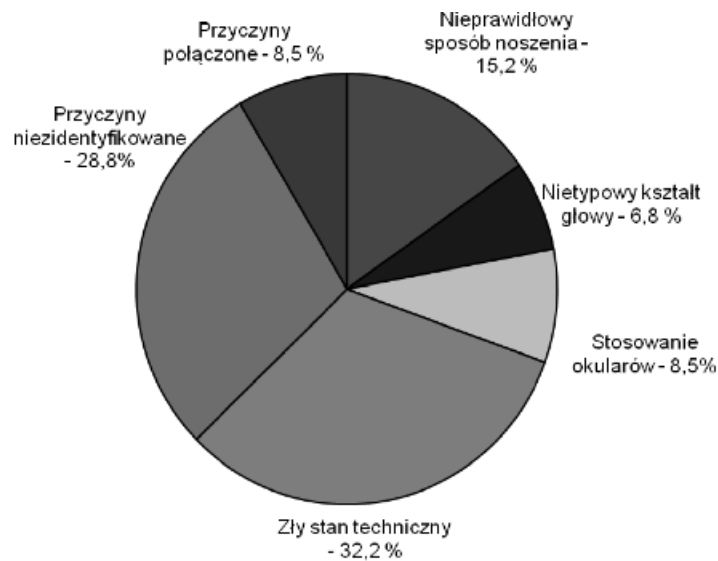


Rys. 2. Rozkład statystyczny różnic pomiędzy mierzonymi i obliczonymi poziomami dźwięku A pod 180 czasami nauszników przeciwbalansowych.

Źródło: E. Kotarbińska, E. Kozłowski: *Assessment of exposure to noise with ear-muffs worn International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, 2009, Vol.15, No 2, s. 193-200.

Przedstawione na rys. 2 wyniki wskazują, że dla 65,6% badanych przypadków zmierzone poziomy hałasu pod czasami nauszników były co najmniej o 3 dB wyższe od przewidywanych teoretycznie, dla 23,3% zmierzone wartości były wyższe nie więcej niż o 3 dB, a dla pozostałych 11,1% przypadków poziomy dźwięku A pod czasami były mniejsze od prognozowanych. Dla 16,7% badanych przypadków zmierzone poziomy pod czasami nauszników były wyższe od prognozowanych o 12-15 dB. Maksymalna obserwowana różnica wynosiła 26,5 dB.

Prowadzone w czasie badań obserwacje odnośnie stanu technicznego użytkowanych nauszników i sposobu ich noszenia przez pracowników oraz przeprowadzona ankieta pozwoliły na identyfikację przyczyn zmniejszonej skuteczności ochrony w stosunku do przewidywanej teoretycznie. Na rys. 3 przedstawiono rozkład statystyczny przyczyn mniejszej od przewidywanej skuteczności ochrony – efektywnego poziomu dźwięku A o 3 dB wyższego od poziomu prognozowanego teoretycznie, zgodnie z zależnością (1).



Rys. 3. Przyczyny wyższych poziomów ekspozycji na hałas aniżeli przewidywane teoretycznie, zgodnie z PN-EN 458.

Źródło: E. Kotarbińska, E. Kozłowski: *Assessment of exposure to noise with ear-muffs worn International Journal of Occupational Safety and Ergonomics, 2009, Vol.15, No 2, s. 193-200.*

Analiza przyczyn wyższych poziomów dźwięku A pod czasami nauszników od przewidywanych teoretycznie wskazuje, że pierwszą przyczyną, z punktu widzenia statystycznego, jest zły stan techniczny używanych ochronników – 32,2% przypadków (19 pracowników). Jako drugą obserwowaną przyczynę – 15,2% (9 pracowników) należy uznać nieprawidłowe noszenie nauszników, następnie – 8,5% (5 pracowników) to przypadki obniżenia skuteczności ochrony w wyniku złego przylegania poduszek uszczelniających na skutek noszenia przez pracowników okularów. Niewłaściwy wybór wzoru nauszników przeciwhałasowych, nieodpowiedni dla danego pracownika ze względu na nietypowy kształt jego głowy – to przyczyna braku przewidywanej teoretycznie ochrony narządu słuchu dla 6,8% (4 pracowników). Występowanie jednocześnie dwóch przyczyn – zły stan techniczny nauszników oraz złe przyleganie poduszek uszczelniających na skutek noszenia okularów obserwowano u kolejnych 8,5% badanych (5 pracowników). Dla 28,8% badanych przypadków nie zidentyfikowano przyczyn wyższego, o co najmniej 3 dB, od przewidywanego teoretycznie poziomu dźwięku A pod czasami nauszników.

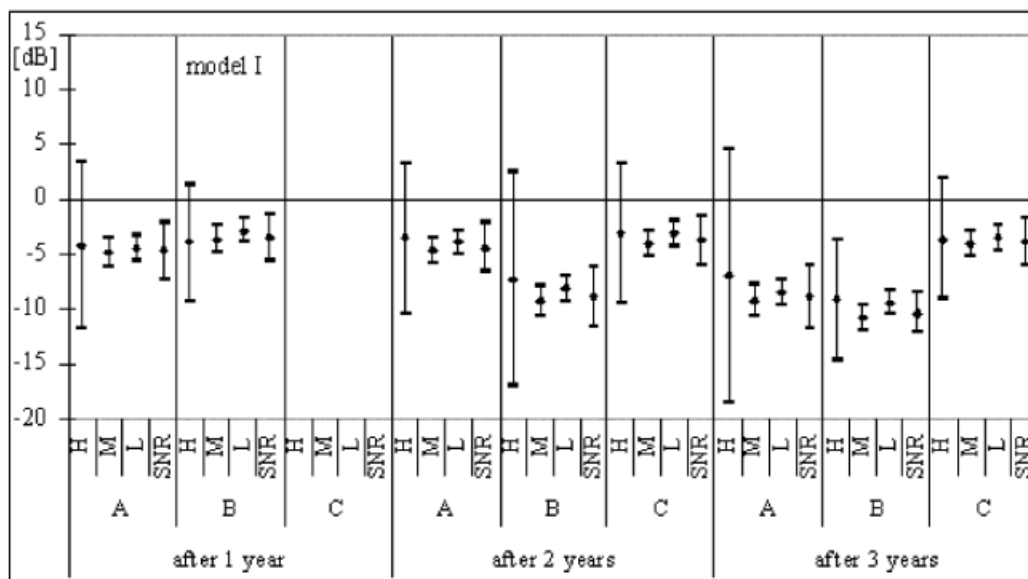
## 5. Badania wpływu czasu i warunków użytkowania nauszników przeciwhałasowych na ich tłumienie

Pomimo oczywistego faktu, że ochronniki słuchu tak jak wszystkie inne wyroby podlegają procesom starzenia, które mają wpływ na stabilność ich właściwości ochronnych, brak jest odpowiednich uregulowań prawnych zmuszających producentów ochronników do deklaracji gwarantowanego czasu utrzymania właściwości ochronnych (tzw. ang. lifetime). Wiadomo powszechnie, że nauszniki przeciwhałasowe oraz

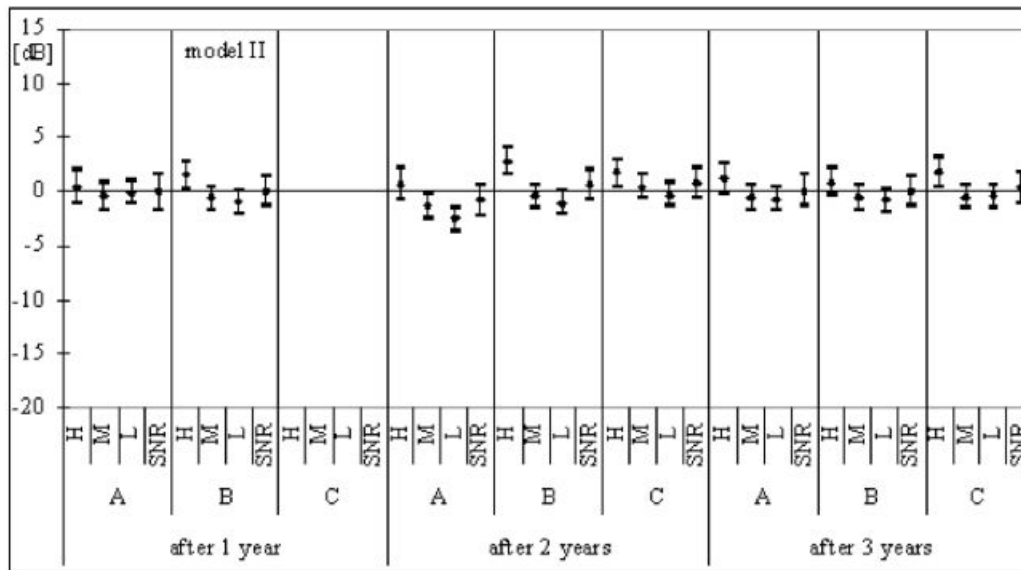
wkładki przeciwhałasowe wielokrotnego użytku są stosowane przez pracowników tak długo, jak długo brak jest widocznych uszkodzeń lub zniszczeń. Jednocześnie wiadomo, że brak tych widocznych oznak nie jest gwarancją stabilności ich właściwości ochronnych. W celu oceny wpływu czasu użytkowania nauszników przeciwhałasowych na ich właściwości ochronne podjęto przedmiotowe badania w Centralnym Instytucie Ochrony Pracy – Państwowym Instytucie Badawczym w Warszawie [17].

Obiektem badań były popularne w środowisku pracy cztery wzory niezależnych nauszników przeciwhałasowych, o porównywalnych właściwościach ochronnych, spełniających wymagania norm europejskich. Do badań przeznaczono po 35 próbek nowo zakupionych nauszników przeciwhałasowych każdego z wybranych wzorów; 15 próbek przekazano do użytkowania, 10 próbek do ekspozycji na zmienne naturalne warunki atmosferyczne oraz 10 próbek do magazynowania, zgodnie z instrukcją producenta. Badane próbki były użytkowane przez 60 pracowników na hałaśliwych stanowiskach pracy, przez trzy lata każdego dnia roboczego. Symulację użytkowania nauszników w warunkach otwartej przestrzeni przeprowadzono w sposób następujący: przez 3 lata każdego dnia roboczego 40 próbek umieszczano na specjalnym statywie – symulatorze głowy i ekspozowano je na działanie zmiennych, naturalnych warunków atmosferycznych. Pozostałe 40 próbek magazynowano zgodnie z zaleceniami producentów przez 3 lata. Po roku, dwóch i trzech latach użytkowania, ekspozycji na naturalne warunki atmosferyczne oraz magazynowania, przeprowadzano pomiary tłumienia dźwięku testowanych próbek (zgodnie z PN-EN 24869-1) i następnie obliczano wartości tłumienia H, M, L, SNR (zgodnie z PN-EN ISO 4869-2).

Otrzymane wyniki badań wykazały brak prawidłowości w zakresie ilościowych zależności pomiędzy tłumieniem testowanych próbek i czasem ich użytkowania, magazynowania oraz ekspozycji na zmienne warunki atmosferyczne. Na rys. 4 przedstawiono obserwowane zmiany wartości tłumienia H, M, L i SNR w decybelach, wraz z niepewnością pomiaru [18], dwóch wzorów nauszników, po roku, dwóch i trzech latach testowania próbek.







Rys. 4. Zmiany wartości tłumienia H, M, L i SNR nauszników przeciwhałasowych dwóch wzorów po roku, dwóch i trzech latach użytkowania (A), ekspozycji na warunki atmosferyczne (B) i magazynowania (C)

Źródło: E. Kotarbińska: *The influence of aging on the noise attenuation of ear-muffs*. *Noise Health*, 2005, 7(26), s 39-45.

W przypadku nauszników wzoru I już po pierwszym roku użytkowania lub oddziaływania naturalnych warunków atmosferycznych występowało obniżenie wartości tłumienia H, M, L, SNR do ok. 5 dB w stosunku do wartości podawanych przez producenta. Po dwóch latach ekspozycji próbek na zmienne warunki atmosferyczne wystąpiło obniżenie wartości tłumienia o 8 ÷ 10 dB. Po trzech latach użytkowania lub oddziaływania warunków atmosferycznych obserwowano dalsze zmniejszanie wartości tłumienia – średnio o 2 ÷ 4 dB, w stosunku do wartości mierzonych po dwóch latach. Wpływ czasu magazynowania próbek na parametry akustyczne jest również znaczący. Po dwóch latach wartości parametrów H, M, L, SNR obniżyły się średnio o 3 ÷ 4 dB. Najlepszą stabilność właściwości ochronnych obserwowano w przypadku wzoru II. Wartości badanych różnic tłumień H, M, L, SNR w ciągu trzech lat mieszczą się praktycznie w wyznaczonych zakresach niepewności pomiaru.

## 6. Obiektywne badania laboratoryjne tłumienia wtrącenia wkładek przeciwhałasowych

W celu oceny rozrzutu wartości tłumienia wkładek przeciwhałasowych stosowanych w środowisku pracy, opracowano metodykę badań obiektywnych tłumienia wtrącenia wkładek [19] i przeprowadzono badania tłumienia wtrącenia 20 popularnych w Polsce wzorów wkładek [20]. Wszystkie badane wzory spełniały wymagania normy PN-EN 352-2 [12] i były oznakowane znakiem CE. Pomiary wykonywano dla 20 próbek każdego badanego wzoru. Próbki do badań zostały zakupione na rynku krajowym. Na rys. 5 przedstawiono opracowany tester akustyczny, wykorzystywany do badań tłumienia wtrącenia badanych wkładek.

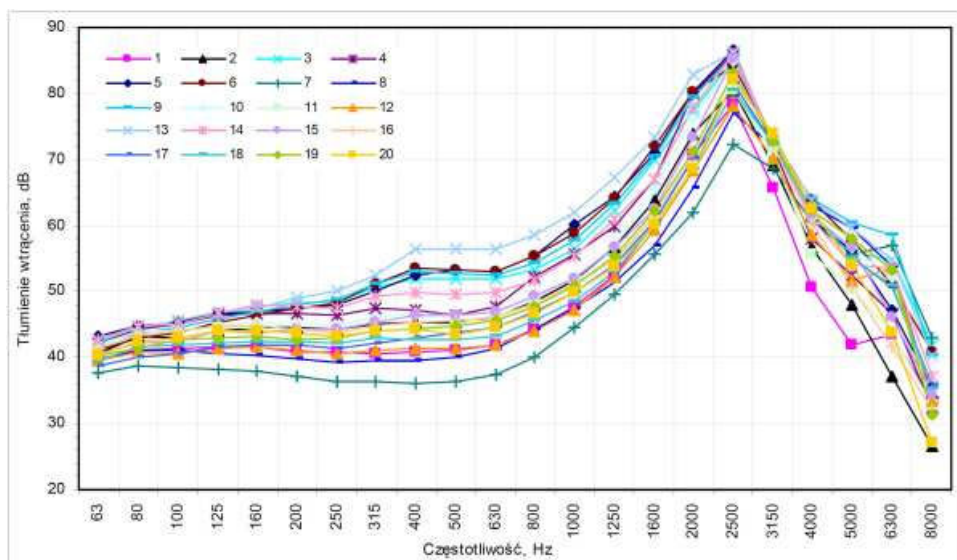
Uzyskane wyniki badań wykazały, że dla 8 badanych wzorów wkładek przeciwhałasowych wartości odchylenia standardowe tłumienia wtrącenia były większe niż 4 dB w czterech sąsiednich pasmach tercjowych lub większe niż 7 dB w jakimkolwiek tercjowym paśmie oddzielnie (kryterium oceny jakości wyrobu nauszników przeciwhałasowych, PN-EN ISO 4869-3).



Rys. 5. Tester akustyczny stosowany do pomiarów tłumienia wtrącenia wkładek przeciwhałasowych.

Źródło: E. Kotarbińska, E. Kozłowski, R. Młyński, *Objective tests and the assessment of the acoustic properties of ear-plugs*, *Archives of Acoustics*, 2006, Vol. 31, No 4, s 275-280.

Na rys. 6 przedstawiono przykładowo wyniki pomiarów tłumienia wtrącenia w funkcji częstotliwości dla jednego z badanych wzorów, który nie spełniał przyjętego kryterium oceny wyrobu. Jak widać, w przypadku tego wzoru wartości tłumienia wtrącenia dwóch różnych próbek, dla częstotliwości z zakresu 400 Hz – 1000 Hz, różnią się nawet o 20 dB.



Rys. 6. Tłumienie wtrącenia w funkcji częstotliwości 20 próbek wkładek przeciwhałasowych.

Źródło: E. Kotarbińska, E. Kozłowski, *Opracowanie kryterium obiektywnej oceny właściwości akustycznych wkładek przeciwhałasowych*, *Sprawozdanie z prac badawczych*, Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa 2005.

## 7. Podsumowanie

Rozkład statystyczny różnic pomiędzy zmierzonymi poziomami dźwięku A pod czasami nauszników przeciwhałasowych w warunkach rzeczywistych i wartościami prognozowanymi na podstawie tłumienia dźwięku zmierzonego w procesie certyfikacji, nie koresponduje z koncepcją standardowej poprawki korygującej wartości tłumienia zmierzonego w laboratorium. Różnice pomiędzy wartościami zmierzonymi i przewidywanymi teoretycznie zawierają się w przedziale od +3,0 dB do -26,5 dB. Nie obserwuje się żadnych prawidłowości w rozkładzie statystycznym, który wskazywałby na celowość prowadzenia dyskusji odnośnie wyboru wartości standardowej poprawki korygującej.

Należy rozróżnić dwa rodzaje przyczyn zmniejszonej (zazwyczaj) skuteczności działania ochronników słuchu w środowisku pracy w stosunku do badanej w laboratorium w procesie ich certyfikacji. Pierwsza podstawowa przyczyna to „czynniki ludzkie”. Badania przeprowadzone dla 90 pracowników noszących nauszники wykazały, że w 39,7% badanych przypadków (24 pracowników) bezpośrednią przyczyną wyższych poziomów dźwięku A pod czasami, o co najmniej 3 dB od przewidywanych teoretycznie, był brak prawidłowego przylegania poduszek uszczelniających do powierzchni okołosłuchowych. Brak przylegania poduszek występował na skutek nieprawidłowego założenia nauszników, noszenia jednocześnie okularów, złego stanu technicznego poduszek uszczelniających (nie były wymienione na nowe zgodnie z instrukcją producenta), nieprawidłowego wyboru wzoru nauszników dla danego pracownika (wzór nauszника nieodpowiedni do kształtu głowy użytkownika).

Wieloletnie doświadczenie badawcze oraz obserwacje sposobu użytkowania wkładek przeciwhałasowych przez pracowników, upoważniają do stwierdzenia, że „czynnik ludzki” jest w tym przypadku jeszcze bardziej krytyczny aniżeli podczas stosowania nauszników przeciwhałasowych. O skuteczności ochrony decyduje przede wszystkim wybór odpowiedniego wzoru wkładek, tzn. odpowiedniego do danego przewodu słuchowego, następnie staranność i prawidłowe włożenie wkładki do przewodu słuchowego zgodnie z instrukcją producenta, oraz w przypadku wkładek jednorazowych przestrzeganie zasady jednokrotnego używania wkładek.

Kolejne przyczyny mniejszej skuteczności ochronników słuchu w warunkach rzeczywistych niż w warunkach laboratoryjnych związane są z samym ochronnikiem – jego stanem technicznym. Brak odpowiednich uregulowań prawnych zmuszających producentów ochronników do deklaracji gwarantowanego czasu utrzymania właściwości ochronnych i podawania go w instrukcji dla użytkownika skutkuje tym, że pracownicy zazwyczaj używają ochronniki tak długo, jak tylko jest to możliwe. Badania prowadzone w warunkach rzeczywistych wykazały, że w 32,2% badanych przypadków pracownicy noszący nauszники przeciwhałasowe byli narażeni na hałas wyższy od przewidywanego teoretycznie na skutek złego stanu technicznego nauszników.

Trzyletnie badania wpływu czasu i warunków użytkowania oraz magazynowania nauszników przeciwhałasowych na ich właściwości ochronne udowodniły, że brak

widocznych oznak zużycia nauszników nie oznacza, że ich tłumienie jest zgodne z wartościami podanymi w instrukcji dla użytkownika, zmierzonymi w procesie certyfikacji. Wyniki badań wykazały, że wpływ czasu użytkowania, magazynowania i oddziaływania warunków atmosferycznych na tłumienie nauszników jest różny dla różnych wzorów i może być istotnie znaczący. W przypadku jednego z czterech badanych wzorów nauszników już po pierwszym roku ich użytkowania lub oddziaływania naturalnych warunków atmosferycznych występowało obniżenie wartości tłumienia H, M, L, SNR do ok. 5 dB w stosunku do wartości zmierzonych w procesie certyfikacji. Po dwóch latach eksponowania próbek na zmienne warunki atmosferyczne wystąpiło obniżenie wartości tłumienia o  $8 \div 10$  dB.

W przypadku wkładek przeciwhałasowych istotnym problemem jest dodatkowo brak wymogu w procesie certyfikacji obiektywnego badania rozrzutu tłumienia wtrącenia dla potrzeb oceny jakości wyrobu. Przeprowadzone badania dwudziestu popularnych w środowisku pracy wzorów wkładek przeciwhałasowych posiadających znak CE wykazały, że 40% badanych wzorów nie spełnia kryterium oceny jakości wyrobu, które jest wymagane w procesie certyfikacji nauszników przeciwhałasowych.

## LITERATURA

- [1] *Noise in figures*. European Agency for Safety and Health at Work. Luxembourg, Office for Official Publications of the European Communities, 2005, s. 116.
- [2] Dyrektywa 2003/10/WE Parlamentu Europejskiego i Rady 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).
- [3] Norma PN-EN ISO 4869-2:2002 *Akustyka – Ochronniki słuchu – Szacowanie efektywnych poziomów dźwięku A pod ochronnikiem słuchu*.
- [4] Dyrektywa 89/686/EWG Parlamentu Europejskiego i Rady z 21 grudnia 1989 r. o ujednoczeniu przepisów prawnych państw członkowskich środków ochrony indywidualnej.
- [5] E. Berger: *Real-world attenuation. Hearing protection devices*, [w:] *The noise manual*. AIHA Press. American Industrial Hygiene Association, 2000, s. 421–423.
- [6] P. Sickert: *German solution for managing the requirements the requirements of the exposure limit values of the 2003/10/EC with regards to the sound attenuation of HPDs*, 1st European Forum on Effective Solution for Managing Occupational Noise Risks, Lille, France, 3–5 July 2007.
- [7] *Controlling noise at work*, L 108, Health and Safety Executive; United Kingdom, 2005.
- [8] *Criteria for a recommended standard – Occupational Noise Exposure*, Revised criteria 1998. Cincinnati, OH, USA: National Institute for Occupational Safety and Health, U. S. Department of Health and Human Services, 1998.
- [9] E. Kotarbińska, P. Canetto: *Hearing protector “real world” attenuation, let’s not mix up the problems*, First International Conference on Industrial Risk, CIRI 2007, Montreal, Canada, 17–19 December, 2007.
- [10] Norma PN-EN 24869-1:1999 *Akustyka – Ochronniki słuchu – Metoda subiektywna pomiaru tłumienia dźwięku*.



- 
- [11] Norma PN-EN 352-1:2005 *Ochronniki słuchu. Wymagania ogólne. Część 1: Nauszniki przeciwhałasowe.*
- [12] Norma PN-EN 352-2:2005 *Ochronniki słuchu. Wymagania ogólne. Część 2: Wkładki przeciwhałasowe.*
- [13] Norma PN-EN ISO 4869-3: 2009 *Akustyka – Ochronniki słuchu – Pomiar tłumienia wtrącenia nauszników przeciwhałasowych wykonywanych z użyciem testera akustycznego.*
- [14] Norma PN-EN 458: 2005 *Ochronniki słuchu. Zalecenia dotyczące doboru użytkownika, konserwacji codziennej i okresowej. Dokument przewodni.*
- [15] E. Kotarbińska, E. Kozłowski, W. Barwicz: *Evaluation of individual exposure to noise when ear-muffs are worn.* 1st European Forum on Effective Solution for Managing Occupational Noise Risks, Lille, France, 35 July 2007.
- [16] E. Kotarbińska, E. Kozłowski: *Assessment of exposure to noise with ear-muffs worn* *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, 2009, Vol.15, No 2, s. 193-200.
- [17] E. Kotarbińska: *The influence of aging on the noise attenuation of ear-muffs.* *Noise Health*, 2005, 7(26), s. 39–45.
- [18] Heli Laitinen: *Estimation of uncertainty of test results in standards based on directive 89/686/EEC – Application to hearing protectors*, Master thesis, Helsinki University of Technology, Vantaa, 1.9.1998.
- [19] R. Młyński: *Opracowanie metodyki obiektywnych badań akustycznych wkładek przeciwhałasowych*, Praca magisterska, Wydział Elektroniki i Technik Informacyjnych Politechniki Warszawskiej, 2004.
- [20] E. Kotarbińska, E. Kozłowski, R. Młyński: *Objective tests and the assessment of the acoustic properties of ear-plugs*, *Archives of Acoustics*, 2006, Vol. 31, No 4, s. 275-280.
- [21] E. Kotarbińska, E. Kozłowski, *Opracowanie kryterium obiektywnej oceny właściwości akustycznych wkładek przeciwhałasowych*, Sprawozdanie z prac badawczych, Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa 2005.