

dr inż. PAWEŁ GÓRSKI

3M Poland

mgr inż. BARTOSZ KACZOROWSKI

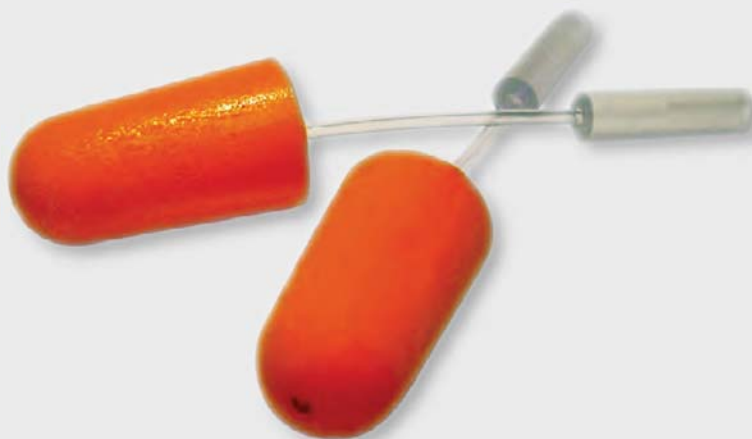
3M Wrocław

Kontakt: pgorski@mmm.com, bjkaczorowski@mmm.com

DOI: 10.5604/01377043.1201795

Ilościowe pomiary poziomów rzeczywistego tłumienia ochronników słuchu jako narzędzie do nauki ich poprawnego użytkowania

Fot. 3M



Problemy z poprawnym użytkowaniem ochronników słuchu znane są od wielu lat. Wyniki badań prowadzonych między innymi w Centralnym Instytucie Ochrony Pracy – Państwowym Instytucie Badawczym wykazały, że tłumienie dźwięku nauszników przeciwhałasowych w warunkach rzeczywistych bywa nawet o kilkanaście decybeli niższe, niż tłumienie wynikające z badań laboratoryjnych. Oznacza to, że w niektórych przypadkach narażenie indywidualne na hałas może przekraczać wartości dopuszczalne. Nieprawidłowości te można ograniczyć przez wprowadzenie interaktywnego systemu szkoleń, w którym osoba szkolona będzie mogła samodzielnie ocenić swoje umiejętności. Takim rozwiązaniem są szkolenia prowadzone przy wykorzystaniu systemu 3M™ E-A-Rfit™ Dual-Ear Validation.

Słowa kluczowe: środki ochrony indywidualnej, ŚOI, test dopasowania, hałas, NDN, ochrona słuchu

Quantitative measurements of actual sound suppression levels of hearing protection devices as a method for learning its proper use

Problems with a proper use of personal protection equipment have been known for many years. Results of the tests concerning effective protection against noise provided by hearing protection devices have shown that "real-world" attenuation is sometimes over a dozen dB lower than the declared assumed protection. The tests carried out by Central Institute for Labour Protection – NRI demonstrated that in about 53% of cases the "real-world" attenuation provided by hearing protection devices was lower than estimated based on laboratory testing. Training with fit test systems is the best way for effective education of workers who wear hearing protection devices. The researches show that the training with objective "real-world" attenuation measurements is one way to increase of awareness of the proper use of hearing protectors. In this paper the 3M™ E-A-Rfit™ Dual-Ear Validation System is presented, as a way of increasing knowledge of the proper use of hearing protectors.

Keywords: personal protective equipment, PPE, fit-test, noise, limit value, hearing protection

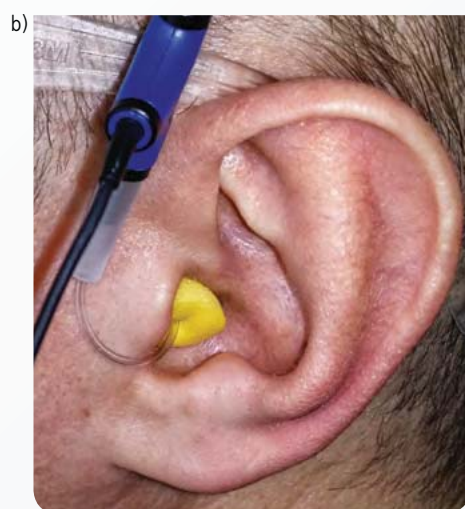
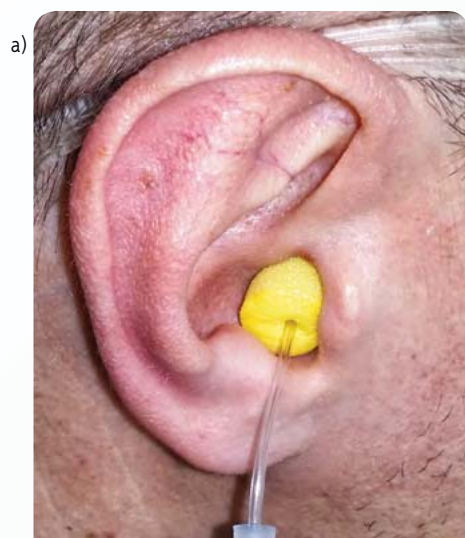
Wstęp

Od wielu lat hałas jest najpowszechniej występującym w środowisku pracy rodzajem zagrożenia. Według GUS w 2014 r. zagrożonych nim było 184,3 tys. osób (54,3% wszystkich zagrożeń związanych ze środowiskiem pracy), [1]. Liczba pracowników narażonych na hałas była niemal trzykrotnie większa od zagrożonych drugim pod względem częstości występowania czynnikiem szkodliwym – pyłami przemysłowymi, na które narażonych było 64 tys. osób (18,9% ogółu zagrożeń związanych ze środowiskiem pracy).

Przepisy prawa krajowego definiują pojęcie narażenia indywidualnego na hałas, będącego rzeczywistym poziomem narażenia pracownika na hałas po uwzględnieniu tłumienia uzyskanego w wyniku stosowania środków ochrony indywidualnej [2]. Zgodnie z prawem pracodawca jest zobowiązany do wprowadzenia rozwiązań zapewniających obniżenie wartości narażenia indywidualnego poniżej wartości dopuszczalnych. Jeżeli osiągnięcie tego celu nie jest możliwe za pomocą środków ochrony zbiorowej, pracodawca ma obowiązek udostępnić pracownikom środki ochrony indywidualnej słuchu i nadzorować poprawność ich stosowania. Ważnym elementem tego procesu jest skuteczne edukowanie pracowników (w tym specjalistów ds. bhp) w zakresie doboru i poprawności użytkowania ochronników słuchu.

Wyniki badań prowadzonych między innymi w CIOP-PIB wykazały, że nauszniki przeciwhałasowe tłumią dźwięk w warunkach rzeczywistych nawet o kilkanaście decybeli mniej, niż deklaruje producent [3]. Oznacza to, że nawet jeżeli są stosowane, w niektórych przypadkach narażenie indywidualne na hałas może mimo wszystko przekraczać wartości dopuszczalne. Powodem tego stanu rzeczy w głównej mierze jest właśnie nieprawidłowe użytkowanie ochronników słuchu.

Skalę problemu nieprawidłowego użytkowania ochronników słuchu można zmniejszyć dzięki systemowi szkoleń, obejmującemu zarówno wiedzę teoretyczną, jak i praktyczną umiejętność poprawnej oceny stanu ochronników słuchu oraz prawidłowego ich zakładania, a także zmianie podejścia pracowników do ochrony słuchu [4]. Ostatnią



Fot. 1. Przykłady różnego założenia wkładek przeciwhałasowych: a) wskaźnik PAR wynosi 35 dB, b) wskaźnik PAR wynosi 17 dB

Photo 1. Examples of various earplugs application: a) PAR indicator at 35 dB, b) PAR indicator at 17 dB



Fot. 2. Przykład źle zrolowanych wkładek przeciwhałasowych

Photo 2. Example of improperly folded earplugs



Rys. 1. Schemat podłączenia systemu 3M™ E-A-Rfit™ Dual-Ear Validation

Fig. 2. The connection scheme of the 3M™ E-A-Rfit™ Dual-Ear Validation System



Rys. 2. Schemat sprzężenia sondy mikrofonowej i wkładki przeciwhałasowej umieszczonej w przewodzie słuchowym

Fig. 2. The connection scheme of the microphone probe and the earplug. The earplug is fitted into the ear canal

kwestię można zaliczyć do działań wpływających pozytywnie na poziom kultury bezpieczeństwa pracy i jest to tematyka szeroko omawiana w literaturze i propagowana w wielu polskich firmach. Problemem pozostaje wciąż jednak trafne określenie, czy dana ochrona słuchu jest odpowiednia dla danego pracownika oraz prawidłowe korzystanie z niej.

Szczególnie dużym problemem jest odpowiedni dobór wkładek przeciwhałasowych pod kątem indywidualnego dopasowania do kształtu zewnętrznego przewodu słuchowego oraz przyzwyczajenie pracownika do uczucia poprawnie umieszczonej wkładki przeciwhałasowej w przewodzie słuchowym. Pracownicy powinni się przyzwyczaić do innej percepcji dźwięku spowodowanej tłumieniem poprawnie założonych ochronników słuchu, a także do uczucia ucisku wkładki w przewodzie słuchowym. Od umiejętności pracownika oraz dopasowania wkładki do kształtu przewodu słuchowego zależy skuteczność wkładek przeciwhałasowych.

Na fot. 1. przedstawiono dwa różne sposoby założenia wkładki przeciwhałasowej. W przypadku tej niezupełnie włożonej do przewodu słuchowego (a) wskaźnik PAR (*Personal Attenuation Rating* – indywidualny współczynnik tłumienia ochronnika słuchu) wyniósł 35 dB, a w odniesieniu do wkładki włożonej całkowicie (b) – 17 dB. Często różnice w zmierzonych wskaźnikach PAR związane są z różnicami osobniczymi w budowie zewnętrznego przewodu słuchowego, ale czasami także ze sposobem wkładania wkładek przeciwhałasowych. Ich zbyt szybkie i nieuważne zrolowanie może powodować zaginanie i w efekcie – tworzenie kanałów, przez które przedostaje się dźwięk (fot. 2.). Wykrycie tego rodzaju błędów nie jest możliwe wizualnie. Wprowadzenie systemów, mogących w obiektywny sposób

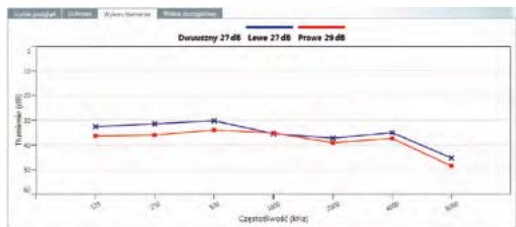
zmierzyć rzeczywiste tłumienie ochronników słuchu [5,6,7,8] w istotnym stopniu ułatwi weryfikację poprawności założenia wkładek przeciwhałasowych.

System 3M™ E-A-Rfit™ Dual-Ear Validation

Wprowadzenie interaktywnego systemu szkoleń, podczas których osoba szkolona będzie mogła samodzielnie i praktycznie ocenić swoją wiedzę i umiejętności z zakresu używania ochronników słuchu zwiększy efektywność nauki prawidłowego ich zakładania [9]. Przykładem takiego systemu jest 3M™ E-A-Rfit™ Dual-Ear Validation System (rys. 1.) Jest to system działający na zasadzie wyznaczania wskaźnika PAR w odniesieniu do każdego pracownika użytkującego ochronniki słuchu.

Wartość wskaźnika w stosunku do każdego ucha wyznaczana jest na podstawie obliczania różnicy pomiędzy wartością poziomu dźwięku A, na który pracownik jest ekspozowany oraz poziomu dźwięku A pod ochronnikami słuchu (pomiar może dotyczyć nauszników oraz wkładek przeciwhałasowych) za pomocą sondy dwumikrofonowej. Wartość wynikowego wskaźnika PAR wyznaczana jest w efekcie pomniejszenia wartości uzyskanych w wyniku pomiarów wskaźników o wartość średniego przewidywanego błędu pomiaru i wybranie wartości niższej (mniej korzystnego wariantu). Badania przeprowadzane są w odniesieniu do uprzednio wybranych ochronników słuchu.

Po założeniu przez badanego pracownika testowych ochronników słuchu i podłączeniu ich do sond mikrofonowych (dla prawego i lewego ucha) z głośnika emitowany jest sygnał testowy. Sygnałem testowym jest suma 7 sygnałów będących szumem białym, ograniczonym do pasm o częstotliwościach



Rys. 3. Widok panelu użytkownika – wartości tłumienia ochronników słuchu w pasmach oktaowych

Fig. 3. User panel view – the octave band attenuation data of hearing protectors



Rys. 4. Panel użytkownika – wartości wskaźnika PAR (widok uproszczony)

Fig. 4. User panel view – PAR data (quick view)

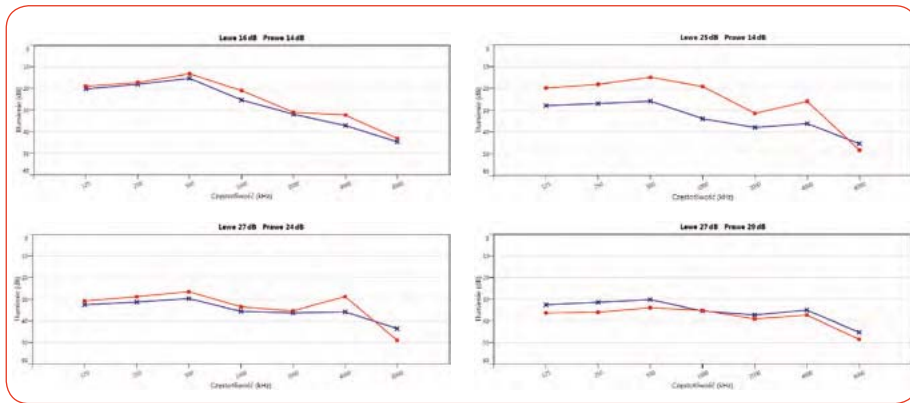
środkowych 125, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Hz. W czasie emisji sygnału testowego przeprowadzane są pomiary ciśnienia akustycznego wykonywane na zewnątrz i pod ochronnikiem, dla każdego z uszu z osobna.

Pomiar pod ochronnikami słuchu przeprowadzany jest techniką F-MIRE (*Field Microphone-In-Real-Ear*), [10]. W tej technice sonda mikrofonowa sprzężona jest z wnętrzem ochronnika słuchu za pomocą elastycznej rurki, tworzącej falowód akustyczny (rys. 2.). Rurka sprzęgająca sondę mikrofonową i wkładkę przeciwhałasową przewleczonej jest przez całą długość wkładki. W przypadku nauszników podczas pomiarów stosuje się specjalnie zaprojektowane poduszki, będące częścią nausznika, przez które przechodzi elastyczna rurka.

Na podstawie sygnałów zarejestrowanych pod i na zewnątrz ochronnika słuchu system oblicza, dla kolejnych pasm oktaowych (począwszy od oktawy o częstotliwości środkowej 125 Hz), współczynniki tłumienia określone w kolejnych pasm oktaowych (rys. 3.), a następnie – w odniesieniu do całego pasma.

W dalszej kolejności wyznaczany jest wskaźnik PAR dla prawego i lewego ucha oraz średni przewidywany błąd pomiaru, obliczany z uwzględnieniem założonej zmienności tłumienia ochronników słuchu ze względu na różnice osobnicze ich użytkowników oraz niepewności pomiaru.

W widoku uproszczonym (rys. 4.) przedstawiono wskaźnik PAR w odniesieniu do prawego i lewego ucha pomniejszony o średni przewidywany błąd pomiaru oraz jednolicebowy dwuuszny – przyjmując najmniej korzystną sytuację. System jako poprawny wynik testu uznaje sytuację, gdy wynikowy, tzw. dwuuszny wskaźnik PAR jest większy niż różnica pomiędzy poziomem hałasu na stanowisku pracy a granicznym dopuszczalnym poziomem hałasu. W praktyce jako graniczną wartość przyjmuje się wartość progu działania i jednocześnie maksymalny poziom dźwięku pod ochronnikiem słuchu, czyli 80 dB.



Rys. 5. Wartości tłumienia ochronników słuchu w pasmach oktaowych dla kolejnych prób dopasowania wkładki przeciwhałasowej 3M™ E-A-R™ UltraFit™

Fig. 5. The octave band attenuation data of hearing protectors for selected fit-tests of the 3M™ E-A-R™ UltraFit™ earplug

Badania dopasowania ochronników słuchu

Wykorzystanie opisywanego systemu w trakcie prowadzonych szkoleń pokazuje istotny wpływ treningu zakładania ochronników słuchu na ich skuteczność. Potwierdzają to przeprowadzone przez autorów badania w wybranych przedsiębiorstwach. Były to firmy, których pracownicy są w znacznym stopniu narażeni na hałas, a jednocześnie takie, w których zaobserwowano wysoki poziom kultury bezpieczeństwa pracy, przez co należy rozumieć m.in. stale prowadzone programy poprawiające poziom bezpieczeństwa. Wszyscy pracownicy zostali wcześniej przeszkoleni z zakresu poprawnego zakładania ochronników słuchu. Założono również, że wszystkie ochronniki słuchu są poprawnie dobrane. W badaniach wzięło udział 108 osób: od pracowników produkcyjnych po pracowników służby bhp. W trakcie badań przeprowadzono 240 testów dopasowania. Przyjęto, że każdy pracownik szkolony jest do momentu pozytywnego zaliczenia testu oraz stwierdzenia, że wybrany ochronnik słuchu jest przez niego akceptowany.

Na rys. 5. przedstawiono wyniki pomiarów współczynnika PAR dla czterech kolejnych prób założenia wkładki przeciwhałasowej 3M™ E-A-R™ UltraFit™. Jak można zauważyć, każde kolejne założenie umożliwiało lepsze dopasowanie wkładki w przewodzie słuchowym. W przedstawionym przykładzie wskaźnik PAR zmienia się od 14 do 27 dB, czyli aż o 13 dB. Pomiędzy kolejnymi założeniami wkładek pracownik był instruowany, jak je poprawnie zakładać, a poza tym sprawdzane były ewentualne błędy rolowania wkładek, dopasowanie wkładki przeciwhałasowej do wielkości zewnętrznego przewodu słuchowego czy subiektywne opinie pracownika o poziomie komfortu wkładanej wkładki.

Na rys. 6. przedstawiono procentowy rozkład pozytywnie zaliczonych testów dopasowania.

Zdecydowana większość pracowników test dopasowania zaliczyła za pierwszym podejściem (78%). Część pracowników (12%) potrzebowała dodatkowego instruktażu i przy kolejnym podejściu zaliczyła test pozytywnie. W przypadku 8% pracowników konieczna była rozmowa o sposobie poprawnego użytkowania ochronników słuchu, analiza ich wewnętrznych oporów odnoszących się do głębszego aplikowania wkładek lub zmiana ochronników na inny model. Jedynie wobec 2% pracowników nie było możliwości takiego doboru

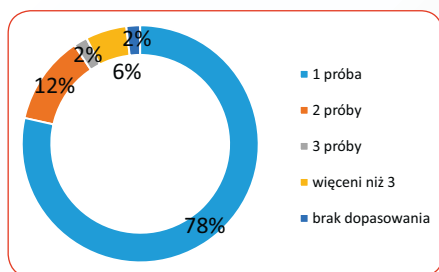
ochronników słuchu, aby pozytywnie zaliczyli oni test dopasowania.

Na rys. 7. przedstawiono średnią wartość poprawy wskaźnika PAR w miarę kolejnych aplikacji ochronników słuchu. W przypadku kolejnej próby wyznaczano wartość, o którą poprawił się wskaźnik PAR w porównaniu z pierwszą próbą założenia ochronników słuchu. Jak można zauważyć, każda kolejna próba przynosiła poprawę, przy czym zdecydowanie największą zanotowano przy drugim założeniu – o ok. 10,8 dB. Kolejne próby przynosiły zdecydowanie mniejsze efekty, poprawiając wartość wskaźnika PAR o ok. 1 – 2 dB. Wynik ten należy tłumaczyć coraz mniejszym wpływem na wartość wskaźnika PAR nieumiejętności poprawnego założenia ochronników słuchu, a większym – ograniczeń anatomicznych poszczególnych pracowników. Można też wysnuć wniosek praktyczny dotyczący metodologii przeprowadzania testów dopasowania: jeżeli po drugiej próbie pracownik nadal otrzymuje negatywny wynik testu, należy zaproponować do testu inny model ochronnika słuchu.

Jak już wspomniano, przyjęto założenie, że każdy test dopasowania powinien kończyć się pozytywnym wynikiem. Wobec 2% pracowników tego założenia nie udało się zrealizować. Analizując różnice wskaźnika PAR pomiędzy pierwszą próbą dopasowania i próbą, w której wynik był pozytywny (rys. 8.), można zauważyć, że najczęściej poprawa wartości wskaźnika PAR zawiera się w przedziale 7 – 10 dB, obejmując ok. 33% pracowników. Poprawa wskaźnika PAR powyżej 10 dB dotyczyła 28% pracowników, a w zakresie od 3 do 6 dB dotyczyła 22% pracowników.

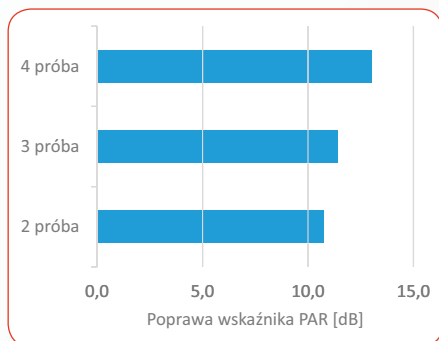
Bardzo interesująco wypada porównanie wartości wskaźnika SNR (jednolicebowa ocena tłumienia ochronników słuchu) [11] z pomiarowymi wartościami wskaźnika PAR [12] (rys. 9.). Zdecydowana większość pomiarów wskaźnika PAR znajduje się poniżej wartości SNR w odniesieniu do danego ochronnika słuchu. Ze względu na fakt, że do zestawienia wprowadzono wszystkie wyniki pomiarów (także te, w przypadku których pracownicy nie przeszli pozytywnie testu dopasowania), łatwo zrozumieć zdecydowane odchylenie wyników ku niższym wartościom PAR. Tylko znikoma liczba testów dopasowania dała wynik PAR wyższy niż wartość SNR, co oznacza, że przy doborze ochronników słuchu warto przeprowadzić test dopasowania wkładek przeciwhałasowych bądź nauszników.

Po pierwsze, wyniki potwierdzają badania E. H. Bergera [13] i analizę A. Mayera [14]. Wskazano tam,



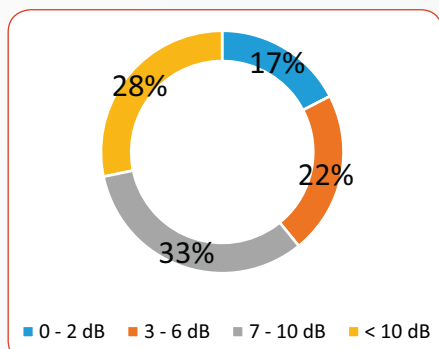
Rys. 6. Procentowy rozkład liczby prób niezbędnych do zaliczenia testu dopasowania

Fig. 6. Percentage distribution of trials number which are necessary for verifying the fit-test



Rys. 7. Średnia wartość poprawy wskaźnika PAR dla kolejnych prób dopasowania

Fig. 7. Average improvement in PAR for subsequent trials of the fit-test

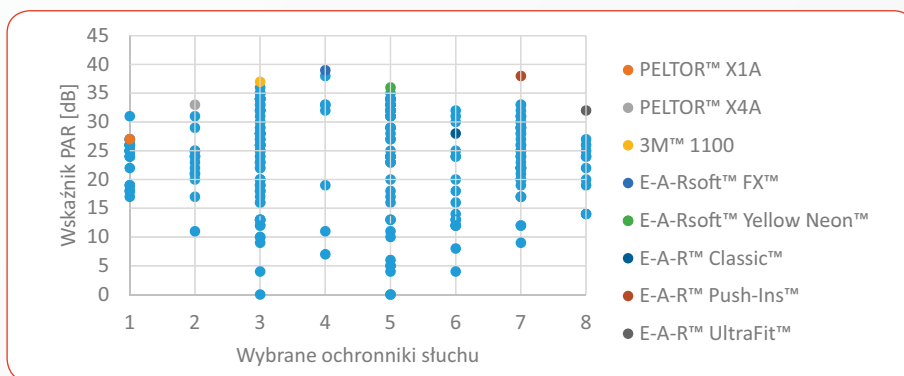


Rys. 8. Procentowy rozkład poprawy wartości wskaźnika PAR dla poprawnie zaliczonych testów dopasowania

Fig. 8. Percentage distribution of improvement in PAR for verified fit-tests

że istotnym czynnikiem wpływającym na różnice pomiędzy danymi o tłumieniu ochronnika podawanymi przez producenta, a jego tłumieniem w warunkach rzeczywistych jest fakt, że ocena skuteczności środków ochrony indywidualnej przeprowadzana podczas znormalizowanych badań (np. oceny typu WE) jest prowadzona w warunkach wyidealizowanych, różniących się od rzeczywistych warunków stosowania ochronników. Po drugie, na podstawie wyników badań możliwe jest wskazanie, w przypadku których grup ochronników słuchu pracownicy mają kłopoty z poprawnym ich zakładaniem.

W analizowanej grupie badawczej największe kłopoty z dopasowaniem zanotowano w odniesieniu do nasznika PELTOR™ X4A i wkładek E-A-R™ Push-Ins™ i E-A-R™ UltraFit™. W przypadku wkładek przeciwhałasowych najwyższy wynik PAR był o ok. 5 dB niższy niż ich wartość SNR. Z kolei w odniesieniu do wkładek rolowanych, a w szczególności dla wkładek E-A-R™ Classic™ wyniki pozytywnie zaliczonych testów dopasowania



Rys. 9. Porównanie wartości zmierzonych wskaźników PAR z wartościami SNR

Fig. 9. Comparison of the measured PAR and SNR values

były zbliżone z ich wartościami SNR. Można zatem sformułować twierdzenie, że aby jednoznacznie ocenić rzeczywiste tłumienie ochronników słuchu w stosunku do poszczególnych pracowników, konieczne jest przeprowadzenie testów dopasowania.

Podsumowanie

Zdecydowana większość badanych pracowników test dopasowania zaliczyła za pierwszym podejściem (78%), co świadczy o znacznej ich wiedzy. Wyniki testów dopasowania poddanych badaniom pracowników służby bhp nie odbiegały od średniej w badanym przedsiębiorstwie. Oznacza to, że wiedza teoretyczna nie jest wystarczająca do poprawnego założenia ochronników słuchu, konieczna jest także praktyka. Najlepsze wyniki uzyskiwali pracownicy stale użytkujący ochronniki słuchu, ale co ważniejsze, przejawiali oni rzeczywiste przekonanie o potrzebie ich stosowania. Spora grupa pracowników deklarujących stałe użytkowanie ochronników słuchu popełniała oczywiście, wydawać by się mogło błędy, takiej jak jednoczesne używanie naszników przeciwhałasowych i okularów, zakładanie naszników na lekkie helmy przemysłowe czy wielokrotne używanie wkładek jednorazowych.

Jak można zauważyć, wykorzystanie narzędzi do obiektywnej oceny dopasowania ochronników słuchu może w znaczący sposób obniżyć rzeczywiste narażenie pracowników na hałas. Rozwiązany zostaje problem niezawodnego określenia, czy dana ochrona słuchu jest odpowiednia dla danego pracownika oraz, czy pracownik umie z niej poprawnie korzystać. Określenie odpowiedniego doboru wkładek przeciwhałasowych pod kątem indywidualnego dopasowania do kanału słuchowego oraz przyzwyczajenie pracownika do uczucia poprawnie umieszczonej wkładki przeciwhałasowej w przewodzie słuchowym nie jest tak skomplikowane, jak mogłoby się wydawać. Praktycznie w każdym przypadku możliwe jest określenie, potwierdzonych pomiarami zaleceń co do zmiany wybranego ochronnika słuchu.

Zastosowanie narzędzi do testów dopasowania, takich jak system 3M™ E-A-Rfit™ Dual-Ear Validation, umożliwia w przedsiębiorstwach przeprowadzanie weryfikacji poprawności przeprowadzonego doboru ochronników słuchu; rozszerzenie zakresu szkolenia pracowników stosujących ochronę słuchu, a także szkolenia służby bhp, liderów i pracowników nadzorujących stosowanie ochronników słuchu; tworzenie wiarygodnej dokumentacji dotyczącej szkoleń, a co ważniejsze ich wyników; szczegółową analizę jakości stosowania ochronników słuchu,

w tym przyczyn niechętnego stosowania poszczególnych ochronników słuchu.

Należy zatem rozważyć, czy używanie przez służbę bhp tego typu narzędzi powinno być w obecnym czasie standardem. Warto zauważyć, że działania mające na celu wprowadzenie „fit testów” (testów dopasowania) jako obowiązkowych prowadzone są przez wiele krajów w Europie i na świecie. Ten tok rozumowania przewija się także w działaniach CEN, gdzie najnowsza rewizja normy EN 458 zawiera zalecenia dotyczące stosowania testów dopasowania [15].

BIBLIOGRAFIA

- [1] Warunki pracy w 2014 r., GUS, Warszawa 2015
- [2] Rozporządzenie MGiP z dnia 5 sierpnia 2005 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy pracach związanych z narażeniem na hałas lub drgania mechaniczne
- [3] Kotarbińska E., Kozłowski E. *Measurement of Effective Noise Exposure of Workers Wearing Ear-Muffs*. "JOSE" 2009,15,2:193-200
- [4] Górski P. *Model of Interactive System for Training in the Proper Use of Hearing Protection Devices*. "Archives of Acoustic" 2014, Vol. 39, No. 1:11-15
- [5] Berger E. H., Voix J., Hager L.D. *Methods of Fit Testing Hearing Protectors, With Representative Field Test Data*. In 9th Congress of the Int. Commission Biological Effects of Noise, edited by B. Griefahn, 71-78. Mashantucket, CT: Int. Commission Biological Effects of Noise 2008
- [6] Canetto P. *Hearing Protectors: Topicality and Research Needs*. "JOSE" 2009,15,2:141-153
- [7] Trompette N., Kusy A. *Suitability of Commercially Available Systems for Individual Fit Tests of Hearing Protectors*. INTER-NOISE and NOISE-CON Congress and Conference Proceedings. Vol. 247. No. 7. Institute of Noise Control Engineering, 2013
- [8] Schulz T.Y. *Individual fit-testing of earplugs: A review of uses*. "Noise and Health" 2011,51,13
- [9] Górski P. *Interaktywny system do nauki prawidłowego użytkowania środków ochrony indywidualnej słuchu*. „Bezpieczeństwo Pracy. Nauka i Praktyka” 2013,500,5:22-26
- [10] Berger E. H. et al. *Development and validation of a field microphone-in-real-ear approach for measuring hearing protector attenuation*. "Noise and Health" 2011,51,13:163
- [11] PN-EN ISO 4869-2 – Ochronniki słuchu Część 2: Szacowanie efektywnych poziomów dźwięku A pod ochronnikami słuchu
- [12] Berger E. H. *What is a personal attenuation rating (PAR)*, 2010
- [13] Berger E. H. *Can Real-World Hearing Protector Attenuation be Estimated Using Laboratory Data?* "Sound and Vibration" 1988,22,12:26-31
- [14] Mayer A. *Ocena właściwości ochronnych środków ochrony indywidualnej w warunkach użytkowania oraz reprezentatywności metod badań*. „Bezpieczeństwo Pracy. Nauka i Praktyka” 2007,428,5:4-7
- [15] PN-EN 458:2006 – Ochronniki słuchu – Zalecenia dotyczące doboru, użytkowania, konserwacji codziennej i okresowej – Dokument przewodni