

OCENA WŁAŚCIWOŚCI OCHRONNYCH ŚRODKÓW OCHRONY INDYWIDUALNEJ w warunkach użytkowania oraz reprezentatywności metod badań*

ALAIN MAYER

Sprawozdawca Rady Technicznej Europejskiego Komitetu Normalizacyjnego ds. Środków Ochrony Indywidualnej (PPE)
Współpraca: LÉON THIERY i ALAIN KUSY
INRS (Francja)

Ocena laboratoryjna właściwości ochronnych i użytkowych środków ochrony indywidualnej w wielu przypadkach pozostaje raczej teoretyczna. Znormalizowane metody badań, przyjęte i wykorzystane jako podstawa oceny, bardzo często mają charakter empiryczny i uproszczony. Często był to jedyny sposób umożliwiający przeprowadzenie powtarzalnych, odtwarzalnych i niepotrzebnie kosztownych badań. Pomimo to, często dają one zawyżone wyniki; środki ochrony indywidualnej, które uzyskały pozytywne wyniki wszystkich badań laboratoryjnych, mogą w rzeczywistych warunkach użytkowania wydawać się mniej skuteczne i wygodne niż oczekiwano. Aby ograniczyć te rozbieżności, należy starać się skorelować wyniki uzyskane w laboratorium z wynikami uzyskanymi w warunkach użytkowania. Różnice powstają głównie wtedy, kiedy właściwości środków ochrony indywidualnej są ściśle powiązane z morfologicznymi i psychofizjologicznymi cechami przyszłych użytkowników oraz bardzo zróżnicowanym charakterem zadań, jakie mogą wykonywać. W artykule omówiono wyniki badań skuteczności środków ochrony indywidualnej słuchu, tzw. ochronników słuchu. Rezultatem tych badań jest zalecenie udoskonalenia procedury badania lub wprowadzenia współczynników korygujących wyniki podawane przez producentów.

The assessment of the real protective properties of personal protective equipment and representativeness of the test methods

The assessment in a laboratory of the efficiency and comfort of PPE remains, in many cases, rather theoretical. The standardized test methods adopted and used as a basis for this assessment are very often empirical and simplistic. This has often been the only way for standardizers to get repeatable, reproducible and unnecessarily expensive tests. Nevertheless they often give overestimated results; PPE having satisfied all the tests in a laboratory may sometimes appear in real conditions of use less efficient and comfortable than expected.

To reduce these discrepancies as much as possible, it is always advisable to try to correlate the results obtained in a laboratory with the reality of work places by conducting assessment in a real situation. These differences mainly exist when real PPE performance is closely linked to the morphological and psycho-physiological characteristics of future users and to the nature of the very diversified tasks they may have to perform. The article discusses the results of studies of the efficiency of hearing protectors. These studies resulted in recommending a substantial improvement of the test procedures or an introduction of significant correction factors to the performance claimed by the manufacturers.

Znaczenie odpowiedniej oceny parametrów środków ochrony indywidualnej

Metody badań i specyfikacje opracowane do celów oceny skuteczności środków ochrony indywidualnej powinny przede wszystkim odzwierciedlać:

- rzeczywiste ryzyko, przed którym środek ochrony indywidualnej ma chronić użytkownika
- wszystkie przewidywalne warunki eksploatacji, mogące mieć wpływ na skuteczność i komfort stosowania środka ochrony indywidualnej.

W praktyce ocena laboratoryjna skuteczności i komfortu stosowania środków ochrony indywidualnej w wielu przypadkach pozostaje raczej teoretyczna. Ściśle rzecz biorąc, znormalizowane metody badań, przyjęte i wykorzystane jako podstawa oceny, bardzo często mają charakter empiryczny i uproszczony. Jest to często wybierana droga, w celu uzyskania powtarzalnych, odtwarzalnych i niezbyt kosztownych badań.

W związku z tym, środki ochrony indywidualnej, które uzyskały pozytywne wyniki badań laboratoryjnych, mogą w warunkach użytkowania wydawać się mniej skuteczne i wygodne niż oczekiwano. Te różnice w ocenie mogą się pojawiać, kiedy rzeczywiste właściwości środków ochrony indywidualnej trudno ocenić obiektywnie w laboratorium. Dotyczy to wszystkich rodzajów środków ochrony indywidualnej, jeśli ich skuteczność jest ściśle powiązana z cechami morfologicznymi użytkowników oraz z trudnością określenia ograniczeń wiążących się z wszelkimi przewidywalnymi warunkami eksploatacji. Tak jest w przypadku aspektów bezpieczeństwa, np. szczelności środków ochrony dróg oddechowych i tłumienia hałasu przez środki ochrony słuchu. Jest tak również w przypadku oceny takich właściwości, jak

* Artykuł pt. *The assessment of the real protective properties of personal protective equipment and representativeness of the test methods* w wersji oryginalnej został wydany na płycie CD – jako materiał na konferencję „Noise Control '07”. Przetłumaczony na język polski i opublikowany za zgodą Autora.

przydatność, komfort cieplny, czy pogorszenie percepcji sensorycznej przez środki ochrony indywidualnej.

Aby jak najbardziej ograniczyć te rozbieżności, należy zawsze starać się skorelować wyniki uzyskane w laboratorium z wynikami uzyskanymi w warunkach w miejscach pracy. Jest to możliwe dzięki dokonaniu oceny w warunkach użytkowania środków ochrony indywidualnej przez operatorów, wykonujących swoje normalne zadania.

Zrealizowano wiele badań, m.in. z udziałem instytutów ds. zdrowia i bezpieczeństwa

w miejscu pracy, laboratoriów badawczych i uczelni z różnych krajów (BGIA, FIOH, INRS, INSHT, CIOP-PIB, TNO, NIOSH, Technical University of Denmark, Kent State, Harvard, Washington), zwłaszcza w zakresie środków ochrony dróg oddechowych, środków ochrony słuchu, obuwi ochronnego, rękawic, odzieży ochronnej, ochraniaczy kolan i okularów ochronnych. Niekiedy wykazywały one bardzo duże rozbieżności między skutecznością ocenianą w laboratoriach a w warunkach użytkowania.

Tabela 1

RÓŻNICE MIĘDZY TŁUMIENIEM OCHRONNIKÓW SŁUCHU ZMIERZONYM W WARUNKACH LABORATORYJNYCH A TŁUMIENIEM ZMIERZONYM W WARUNKACH UŻYTKOWANIA [2]

Differences between attenuation of hearing protectors measured in a laboratory and in enterprises [2]

Ochronniki słuchu	$\overline{\Delta d}$ w dB, w funkcji częstotliwości (Hz)					$\overline{\Delta d}$
	500	1000	2000	4000	8000	
Wkładki przeciwhałasowe A	-7,5	-3,4	-3,1	-8,0	-7,4	-5,9
Wkładki przeciwhałasowe B	-7,5	-1,1	-8,1	-11,7	-15,2	-8,7
Wkładki przeciwhałasowe C	-21,0	-14,4	-6,5	-9,4	-15,2	-13,3
Wkładki przeciwhałasowe D	-12,0	-6,3	-5,9	-9,7	-12,6	-9,3
Nauszniki przeciwhałasowe E	-5,6	-2,7	-6,8	-4,3	-4,7	-4,8
Nauszniki przeciwhałasowe F	-2,5	-6,1	-4,1	-1,5	-9,4	-2,3
Nauszniki przeciwhałasowe G	+0,5	-4,3	-7,7	-11,5	-5,5	-5,7
Nauszniki przeciwhałasowe H	-11,9	-6,5	-4,0	-0,2	-3,6	-5,2
Nauszniki przeciwhałasowe I	-4,9	-1,9	-5,7	-4,4	-5,8	-4,5

Uwaga: $\overline{\Delta d}$ to średnia arytmetyczna w funkcji częstotliwości (Hz)

Tabela 2

PODSUMOWANIE WYNIKÓW UZYSKANYCH DLA 30 MODELI OCHRONNIKÓW SŁUCHU [3]

Summing up of the results obtained on 30 models of HPD [3]

Typ ochronników słuchu	Liczba modeli	Liczba badań	Tłumienie hałasu w dB
			Wskaźnik = $\frac{\text{rzeczywista ochrona dla 84\% osób}}{\text{wartość podawana przez producenta}}$
Wkładki przeciwhałasowe piankowe	1	15	0,49
Wkładki przeciwhałasowe z waty szklanej	3	10	0,26 – 0,36 – 0,19
Wkładki przeciwhałasowe formowane przez użytkownika	4	16	0,33 – 0,08 – 0,19 – 0,007
Wkładki przeciwhałasowe formowane przez producenta	3	7	0,16 – 0,73 – 0,33
Nauszniki przeciwhałasowe	15	18	0,64 – 0,35 – 0,63 – 0,28 – 0,65 – 0,47 – 0,54 – 1,04 – 0,8 – 0,75
Nauszniki przeciwhałasowe mocowane na hełmie	5	5	0,69 – 0,47 – 0,54 – 0,66 – 0,74
Wkładki przeciwhałasowe + nauszniki przeciwhałasowe	1	1	0,86

Typowy przykład środków ochrony indywidualnej słuchu

Tłumienie hałasu przez środki ochrony indywidualnej słuchu, tzw. ochronniki słuchu, jest w Europie oceniane zgodnie z normą EN 24869-1:1992 na podstawie pomiarów dokonanych z udziałem 16 osób badanych [1]. Powinny one być wstępnie przeszkolone w zakresie noszenia ochronników słuchu i ich dopasowania. Powinny być także zaznajomione z audiometrią, a ich audiogram musi być powtarzalny (zmienność poniżej 6 dB).

W praktyce, pracownicy nie zawsze są dobrze poinformowani o sposobach dopasowania (tzw. nastawności) ochronników słuchu. A nawet jeżeli są, ich dopasowanie, w szczególności wkładek przeciwhałasowych, na ogół się zmienia: mogą się przesuwać, co powoduje pogorszenie szczelności, a zatem pogorszenie właściwości ochronnych. Warto przy tym zauważyć, że ponowne dopasowanie ochronnika słuchu nie zawsze jest łatwe, biorąc pod uwagę fakt, że pracownicy noszą rękawice lub mają brudne ręce, co grozi wprowadzeniem szkodliwych elementów do przewodu słuchowego. Sposób organizacji pracy lub presja czasu nie zawsze pozwalają na opuszczenie miejsca pracy w celu umycia rąk, np. przed poprawieniem wkładki. Ostatecznie pracownik poprawia ją, jeśli czuje, że ze względu na złe dopasowanie jest ona mniej szczelna niż powinna.

Dlatego też wartości tłumienia uzyskiwane w miejscu pracy i z udziałem osób nieprzeszkolonych podawane przez wiele lat w różnych publikacjach są znacznie niższe od mierzonych w laboratoriach [2-9]. W celu zilustrowania znaczenia tych rozbieżności zostaną przedstawione trzy typowe przykłady wyników badań.

1. Niemiecki instytut BIA przeprowadził badania tłumienia hałasu przez ochronniki słuchu w wielu przedsiębiorstwach z różnych sektorów przemysłu [2]. Wyniki (tabela 1.) wskazują, że wartości tłumienia wkładek przeciwhałasowych w warunkach użytkowania były wyraźnie niższe od tych, jakich można by się spodziewać na podstawie

laboratoryjnego badania tych wkładek [2]. Średnie różnice osiągają wartość 13,3 dB dla wkładek piankowych i 5,9-8,7 dB dla waty szklanej. Możliwe byłoby istotne ograniczenie tych różnic, gdyby pracowników pouczono o prawidłowym stosowaniu wkładek przeciwhałasowych i badaniu własnych nawyków dotyczących ich noszenia. Różnice w przypadku nauszników przeciwhałasowych są wyraźnie mniejsze – średnia wynosi 4,5 dB. Pomiar kontrolne użytkowanych i nowych nauszników przeciwhałasowych wskazują, że niższy stopień ochrony wynika głównie z ich starzenia się i zużycia. Można tego uniknąć, zapewniając regularną konserwację (wymiana poduszek uszczelniających i wykładzin tłumiących) i ograniczając okres użytkowania.

2. Przegląd bibliograficzny, opublikowany przez NIOSH w 1998 r., wskazuje na podobne różnice [3]. Podsumowanie wyników, podane w raporcie NIOSH, jest przedstawione w tabeli 2. (str. 5.). Wyniki odpowiadają 20 niezależnym badaniom przeprowadzonym w 7 różnych krajach z udziałem 2900 osób badanych na 30 różnych

modelach ochronników słuchu w dwóch różnych warunkach badania: rzeczywistych warunkach pracy i w laboratorium z udziałem przeszkolonych osób, zgodnie ze starymi normami ANSI S12.6-1984 i 1974.

Największe różnice można zaobserwować w przypadku wkładek z waty szklanej i formowanych przez użytkownika: efektywne tłumienie wynosi odpowiednio 70% i 84% mniej niż ocenione w laboratorium z udziałem przeszkolonych osób badanych.

Powyższe wyniki wykazały, że poleganie na wskazówkach producenta, opartych na niewystarczająco realistycznych metodach pomiaru, może mieć niewielkie znaczenie dla oszacowania efektywnej ochrony pracownika w warunkach użytkowania.

3. Ostatni przykład to podobny przegląd bibliograficzny przeprowadzony przez INRS odnośnie do 6 innych badań [2-5, 10], które również wskazują na duże różnice między pomiarem laboratoryjnym a zbliżonym do warunków użytkowania: 13,1-17,5 dB w przypadku wkładek przeciwhałasowych i 6,5-7,4 dB w przypadku nauszników przeciwhałasowych (tabela 3.).

Implikacje dla doboru ochronników słuchu

Ochronniki słuchu powinny tłumić hałas w stopniu wystarczającym, aby utrzymać „faktyczne” narażenie pracownika na hałas (tzn. poziom ekspozycji na hałas w uchu pracownika po założeniu ochronnika słuchu) poniżej 85 dBA (w Stanach Zjednoczonych – zgodnie z regulacjami OSHA 29CFR1910.95) lub 87 dBA (w UE – zgodnie z dyrektywą 2003/10/WE) podczas ośmiogodzinnego dnia pracy.

Aby uzyskać właściwe dane niezbędne do doboru ochronników słuchu, które mogłyby być odpowiednie do zastosowania na stanowiskach pracy z uwagi na warunki ekspozycji na hałas i wymagania prawne, możliwe są dwie metody.

Pierwsza z nich to modyfikacja procedury pomiaru, w szczególności przez udział osób badanych, które nie mają doświadczenia w zakładaniu i stosowaniu ochronników słuchu. Te warunki pomiaru uważa się za zapewniające wyniki reprezentatywne w zakresie skuteczności ochronników uzyskiwa-

Tabela 3

ŚREDNIE WARTOŚCI TŁUMIENIA, OSZACOWANE NA PODSTAWIE RÓŻNYCH BADAŃ, MIERZONE ZGODNIE Z ISO 4869-2 I W WARUNKACH ZBLIŻONYCH DO WARUNKÓW UŻYTKOWANIA

Mean attenuation values, estimated from different studies measured according ISO 4869-2 and near real-world conditions

Rodzaj ochronników słuchu oraz ich liczba	Tłumienie	H		M		L		SNR	
		ISO 4869-2	warunki użytkowania	ISO 4869-2	warunki użytkowania	ISO 4869-2	warunki użytkowania	ISO 4869-2	warunki użytkowania
Wkładki przeciwhałasowe formowane przez użytkownika (10)	wartość średnia	33,4	20,3	29,0	14,1	26,7	11,6	32,2	17,9
Wkładki przeciwhałasowe formowane przez producenta (8)	wartość średnia	33,4	15,9	28,3	11,3	25,8	9,8	31,8	14,6
Nauszniki przeciwhałasowe (8)	wartość średnia	35,9	27,3	26,9	19,8	18,6	12,1	29,8	22,4

H, M, L, SNR = wartości tłumienia określone wg ISO 4869-2

nej przez grupę typowych użytkowników w warunkach pracy [11]. Takie rozwiązanie przyjmuje się od 1997 r. w Stanach Zjednoczonych (ANSI S 12.6-1997), od 1998 r. w Australii i Nowej Zelandii (AS/NZS1269:1998, 1270:1999 i 1270:2002) oraz ostatnio w ISO (ISO/TS 4869-5:2006) [1, 10, 12, 13]. Ponadto, odtwarzalność międzylaboratoryjną uznano za najlepszą w przypadku metody „dopasowania przez badanego” w porównaniu z dawnymi metodami „dopasowania przez eksperymentatora” i „dopasowania przez świadomego użytkownika” [14] lub co najmniej ich odpowiedniki [15].

Druga metoda polega na zastosowaniu współczynników korygujących wyniki do uzyskanych przy udziale osób przeszkolonych. Wnioski z badań zalecają wprowadzenie istotnych korekt w zakresie skuteczności deklarowanej przez producentów. OSHA w 1983 r. wydała instrukcje mówiące o obniżeniu wskaźnika NRR (*Noise Reduction Rating*) o 50% w ramach kontroli wprowadzania w życie wymagań normy OSHA dotyczącej hałasu. Niemniej, na podstawie przedstawionego badania, NIOSH zaleciła, przy braku bardziej realistycznych danych, obniżenie wskaźnika NRR ochronników słuchu o współczynnik odpowiadający dostępnym danym rzeczywistym:

- nauszники przeciwhałasowe: obniżenie o 25% w stosunku do NRR deklarowanego przez producenta
- trudnozmienne formowalne wkładki przeciwhałasowe: obniżenie o 50% w stosunku do NRR deklarowanego przez producenta
- wszystkie pozostałe wkładki przeciwhałasowe: obniżenie o 70% w stosunku do NRR deklarowanego przez producenta.

We Francji zaproponowano również korekty: -5 decybeli dla nauszników przeciwhałasowych i wkładek formowanych przez producenta, -10 decybeli dla wkładek formowanych przez użytkownika, i -7 decybeli dla nauszników mocowanych na hełmie. Różne czynniki obniżające proponują takie państwa

członkowskie UE, jak: Niemcy, Zjednoczone Królestwo czy Hiszpania.

Problem został oficjalnie zgłoszony do rozpatrzenia Komisji UE przez francuskie ministerstwo pracy w maju 2005 r. w celu harmonizacji podejść narodowych i przedstawienia wniosku o nowelizację dotychczasowej normy EN ISO 4869-2. Podjęcie ostatecznych decyzji przez Komisję UE jest spodziewane przed końcem bieżącego roku.

Podsumowanie

Przykład zawyżonych szacunków ograniczenia hałasu przez ochronniki słuchu, który jest tylko jednym z typowych przypadków w dziedzinie środków ochrony indywidualnej, wskazuje kluczowe znaczenie dysponowania wiarygodnymi metodami badań, stosowanymi w ocenie właściwości ochronnych środków ochrony indywidualnej w warunkach użytkowania. W miarę możliwości, Komisja Techniczna Europejskiego Komitetu Normalizacyjnego ds. Środków Ochrony Indywidualnej jest wzywana do walidacji reprezentatywności metody badań przed jej wprowadzeniem lub zatwierdzeniem w normie [16]. Jest to szczególnie ważne w przypadku metod badań związanych z podstawowymi wymaganiami dotyczącymi zdrowia i bezpieczeństwa. Wyniki badań prowadzonych tymi metodami sugerują także, że należy zwracać większą uwagę na odpowiedni dobór środków ochrony indywidualnej, dostarczanie niezbędnych informacji oraz szkolenie pracowników w zakresie ich stosowania.

PIŚMIENNICTWO

- [1] EN 24869-1:1992 *Acoustics-Hearing protectors. Part 1. Subjective method for measurement of sound attenuation*
- [2] B.H Pfeiffer *Absorption of noise by hearing protectors in industrial practice*. BIA-Report 5/89, Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitssicherheit, Sankt Augustin, 1989, str. 74
- [3] NIOSH. *Criteria for a recommended standard. Occupational noise exposure*. Revised criteria 1998. U.S. Department of Health and Human Services,

Public Health Service, Centers for Disease Control and Prevention, National Institute for Occupational Safety and Health, DHHS (NIOSH) Publication No. 98-126, 1998

[4] R. G. Edwards, W. P. Hauser, N. A. Moiseev, A. B. Broderson, W.W. Green *Effectiveness of Ear-plugs as Worn in the Workplace*. "Sound & Vibration", 1978, vol. 12, n° 1, p. 12-42

[5] S. M. Abel, P. W. Alberti, K. Riko *User Fitting of Hearing Protectors: Attenuation Results Personal hearing protection in Industry*. New York: Raven Press, 1982, p. 315-322

[6] B. L. Lempert, R. G. Edwards *Field Investigations of Noise Reduction Afforded by Insert Type Hearing Protectors*. "American Industrial Hygiene Association Journal", 1983, vol. 44, n° 12, p. 894-902

[7] R. J. Goff, W. J. Blank *A Field Evaluation of Muff-Type Hearing Protection Devices*. "Sound & Vibration", 1984, vol. 18, n° 10, p. 16-22

[8] A. M. Mendez, E. B. Salazar, H. G. Bontti *Attenuation measurements of Hearing Protectors in Workplace*, t. 1. Toronto: 12th International Congress on Acoustics, 1986, paper B10-2

[9] I. Hempstock, E. Hill *The attenuations of some Hearing Protectors as Used in the Workplace*. "Annals of Occupational Hygiene", 1990, vol. 34, n° 5, p. 453-470

[10] ANSI S3.19-1974; ASA 1-1975. *American national standard: method for the measurement of real-ear protection of hearing protectors and physical attenuation of ear-muffs*. New York: American National Standards Institute, Inc.

[11] E.H. Berger, J.R. Franks, A. Behar, J.G. Casali, C. Dixon-Ernst, R.W. Kieper, C.J. Merry, B.T. Mozo, C.W. Nixon, D. Ohlin, D.J. Royster, L.H. Royster (1998). *Development of a new standard laboratory protocol for estimating the field attenuation of hearing protection devices. Part III. The validity of using subject-fit data*. "J. Acoust. Soc. Am". 103, 2, 665-672

[12] ISO 4869-1: 1990 *Acoustics-Hearing protectors. Part 1. Subjective method for the measurement of sound attenuation*

[13] ISO/TS 4869-5:2006 *Acoustics-Hearing protectors. Part 5. Method for estimation of noise reduction using fitting by inexperienced test subjects*

[14] W.J. Murphy, J.R. Franks, E.H. Berger, A. Behar, J. Casali, C. Dixon-Ernst, E.F. Krieg, B.T. Mozo, D.J. Royster, L.H. Royster, S.D. Simon, C. Stephenson (2004) *Development of a new standard laboratory protocol for estimating the field attenuation of hearing protection devices: sample size necessary to provide acceptable reproducibility*. "J. Acoust. Soc. Am.", 115, 1, 311-323

[15] D.J. Royster, E.H. Berger, C.J. Merry, C.W. Nixon, J.R. Franks, A. Behar, J.G. Casali, C. Dixon-Ernst, R.W. Kieper, B.T. Mozo, D. Ohlin, L.H. Royster (1996) *Development of a new standard laboratory protocol for estimating the field attenuation of hearing protection devices. Part I. Research of working group 11, accredited standards committee S12*, "Noise. J. Acoust. Soc. Am.", 99, 3, 1506-1526

[16] A. Mayer *Guide for the drafting or the revision of EN standards on PPE, CEN Personal Protective Equipment Forum, PPE N 122 version 1.4, 2006, p. 34*