

Rafał Młyński
Emil Kozłowski

**STOSOWANIE
INDYWIDUALNYCH
OCHRON SŁUCHU
W PRZYPADKU HAŁASU
O CZĘSTOTLIWOŚCIACH
SŁYSZALNYCH
POWYŻEJ
8 KHZ**



**STOSOWANIE
INDYWIDUALNYCH OCHRON SŁUCHU
W PRZYPADKU HAŁASU O CZĘSTOTLI-
WOŚCIACH
SŁYSZALNYCH POWYŻEJ 8 kHz**

Opracowano i wydano w ramach III etapu programu wieloletniego „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy” (2014-2016) finansowanego w zakresie zadań służb państwowych przez Ministerstwo Rodziny, Pracy i Polityki Społecznej.
Koordynator programu: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy

Autorzy
dr inż. Rafał Młyński, dr. inż. Emil Kozłowski – Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy

Opracowanie redakcyjne:
Zespół Redakcji Wydawnictw Naukowych

Projekt okładki: Anna Antoniszewska

Opracowanie graficzne: Dorota Szymczak

ISBN: 978-83-7373-221-6

© Copyright by Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy
Warszawa 2016

CIOP  **PIB**

Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy
ul. Czerniakowska 16, 00-701 Warszawa
tel. (22) 623 36 98, fax (22) 623 36 93, 623 36 95, www.ciop.pl

Spis treści

| | |
|---|----|
| 1. Wstęp..... | 5 |
| 2. Dobór ochronników słuchu w pasmach częstotliwości 10, 12,5 oraz 16 kHz z uwzględnieniem zakresu do 8 kHz | 9 |
| 3. Tłumienie dźwięku w pasmach o częstotliwościach słyszalnych powyżej 8 kHz | 16 |
| 4. Podsumowane..... | 21 |
| 5. Bibliografia | 23 |

1. Wstęp

Hałas w zakresie częstotliwości słyszalnych powyżej 8 kHz jest wytwarzany na wielu stanowiskach pracy. Najczęściej spotykane źródła tego rodzaju hałasu to urządzenia, w których dźwięki są wytwarzane w celu realizacji odpowiednich procesów technologicznych, takie jak: zgrzewarki ultradźwiękowe (rys. 1a), myjki ultradźwiękowe, drążarki ultradźwiękowe, lutownice ręczne, wanny do cynowania, maszyny do aplikacji dekoracyjnych elementów w tkaninie oraz jednostki dentystyczne do czyszczenia kamienia nazębnego.

Poza wymienionymi urządzeniami, w których dźwięk jest czynnikiem roboczym wykorzystywanym w procesie technologicznym, są także urządzenia, w których hałas o częstotliwościach słyszalnych powyżej 8 kHz powstaje jako niezamierzony skutek ich pracy. Mogą to być takie urządzenia wysokoobrotowe, jak strugarki (rys. 1b), frezarki, szlifierki, piły tarczowe, maszyny skrawające, maszyny włókiennicze, a także urządzenia, których praca jest związana ze zjawiskami o charakterze aerodynamicznym, m.in. sprężarki, prasy wulkanizacyjne, palniki, pistolety i narzędzia pneumatyczne. Oprócz urządzeń można również wymienić procesy generujące hałas, związane ze stosowaniem zaworów ze sprężonym powietrzem [3], np. na stanowiskach pracy czyszczenia elementów metalowych (rys. 1c), ale również np. w sterylizatorniach szpitalnych (osuszanie zdezynfekowanych narzędzi medycznych). Hałas o częstotliwościach słyszalnych powyżej 8 kHz powstaje także podczas przeprowadzania prób silników lotniczych (rys. 1d).

a)



b)



c)



d)



Rys. 1. Przykłady źródeł hałasu wysokoczęstotliwościowego: a) zgrzewarka ultradźwiękowa, b) strugarka, c) zawór ze sprężonym powietrzem, d) silnik lotniczy podczas testów

Negatywnymi skutkami przebywania w hałasie o częstotliwościach słyszalnych powyżej 8 kHz mogą być, oprócz możliwego przesunięcia progu słyszenia, zawroty głowy, ból głowy, zaburzenia równowagi i nudności oraz szum w uszach. Hałas może być także przyczyną zmęczenia i rozdrażnienia [4].

Na wielu stanowiskach pracy, gdzie występuje hałas o częstotliwościach słyszalnych powyżej 8 kHz, jedyną możliwością zabezpieczania słuchu jest stosowanie ochronników słuchu. W przypadku standardowo rozpatrywanego zakresu częstotliwości, a więc od 125 Hz (lub ewentualnie 63 Hz) do 8 kHz, ochronniki słuchu są dobierane przez służby BHP na podstawie wyników pomiarów parametrów hałasu na stanowisku pracy, z wykorzystaniem danych tłumienia dźwięku podawanych w przypadku każdego ochronnika w „informacji dla użytkownika”, czyli instrukcji dołączonej do ochronnika słuchu [7]. Tłumienie to jest mierzone w pasmach tercjowych o częstotliwościach środkowych oddalonych względem siebie o kolejne oktawy. Częstotliwości środkowe wynoszą zatem: 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 i 8000 Hz [8]. Jeżeli natomiast zachodzi potrzeba uwzględnienia narażenia na hałas o częstotliwościach słyszalnych powyżej 8 kHz, brak jest danych liczbowych pozwalających stwierdzić, że określony ochronnik słuchu w odpowiednim stopniu zabezpiecza słuch pracownika. Wyniki przedstawione w tym opracowaniu stanowią uzupełnienie wiedzy o właściwościach akustycznych powszechnie stosowanych ochronników słuchu i dotyczą pasm tercjowych o częstotliwościach środkowych 10, 12,5 oraz 16 kHz. Zaproponowano tu ponadto sposób doboru ochronników słuchu z użyciem danych obejmujących wymienione pasma częstotli-

wości, tj. 10, 12,5 oraz 16 kHz, z jednoczesnym uwzględnieniem zakresu częstotliwości do 8 kHz. Przeprowadzany w ten sposób dobór ochronników słuchu umożliwia stosowanie tych ochronników, które zapewniają obniżenie poziomu dźwięku poniżej wartości najwyższego dopuszczalnego natężenia (NDN), [6] nie tylko w standardowo rozpatrywanym zakresie częstotliwości do 8 kHz, lecz także z uwzględnieniem zakresu częstotliwości rozszerzonego do 16 kHz.

2. Dobór ochronników słuchu w pasmach częstotliwości 10, 12,5 oraz 16 kHz

Na stanowiskach pracy, gdzie występuje hałas o częstotliwościach słyszalnych powyżej 8 kHz, można się spodziewać również wysokich poziomów ciśnienia akustycznego w zakresie częstotliwości do 8 kHz. Dobór ochronników słuchu na stanowiskach pracy, na których występuje hałas o częstotliwościach słyszalnych powyżej 8 kHz, powinien zatem obejmować zarówno pasma z zakresu częstotliwości od 10 kHz do 16 kHz, jak i standardowo rozpatrywany zakres do 8 kHz. W przypadku pasm tercjowych o częstotliwościach środkowych 10, 12,5 i 16 kHz należy tak dobierać ochronniki słuchu, aby poziom ciśnienia akustycznego w tych pasmach nie był większy niż wartość NDN wynosząca 80 dB. Wartość NDN dla pasm częstotliwości 10, 12,5 i 16 kHz jest określona w rozporządzeniu ministra pracy i polityki społecznej w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy [5].

Aby przeprowadzić dobór ochronników słuchu w pasmach tercjowych o częstotliwościach środkowych 10, 12,5 i 16 kHz, należy zatem w pierwszej kolejności przeprowadzić na rozpatrywanym stanowisku pracy pomiar poziomu ciśnienia akustycznego w wymienionych pasmach. Pomiar ten powinien być przeprowadzony zgodnie z wytycznymi procedury pomiaru hałasu ultradźwiękowego [2]. Następnie należy obliczyć poziom ciśnie-

nia akustycznego pod ochronnikami słuchu, wykorzystując wartości zmierzonego na stanowisku pracy poziomu ciśnienia akustycznego w pasmach tercjowych o częstotliwościach środkowych 10, 12,5, 16 kHz oraz wartości średnie i odchyłeń standardowych tłumienia dźwięku ochronników słuchu, które zostały zamieszczone w rozdziale 4 tego opracowania. Obliczenia należy przeprowadzić zgodnie z formułą (1):

$$L'_{p,f} = L_{p,f} - (m_f - s_f) \quad [\text{dB}] \quad (1)$$

gdzie:

$L'_{p,f}$ – poziom ciśnienia akustycznego pod ochronnikiem słuchu w paśmie tercjowym o częstotliwości środkowej f , dB,

$L_{p,f}$ – poziom ciśnienia akustycznego zmierzony na stanowisku pracy w paśmie tercjowym o częstotliwości środkowej f , dB,

m_f – wartość średnia tłumienia dźwięku ochronnika słuchu w paśmie tercjowym o częstotliwości środkowej f , dB,

s_f – odchylenie standardowe tłumienia dźwięku ochronnika słuchu w paśmie tercjowym o częstotliwości środkowej f , dB,

f – częstotliwość środkowa pasma tercjowego: 10, 12,5 i 16 kHz.

Jak już zostało wspomniane wcześniej, występowanie hałasu o częstotliwościach słyszalnych powyżej 8 kHz może wiązać się również z wysokimi poziomami ciśnienia akustycznego w zakresie częstotliwości do 8 kHz. W przypadku tego zakresu częstotliwości (do 8 kHz) stosuje się standardowe metody doboru ochronników przedstawione w normie PN-EN 458:2016 [7], za pomocą których oblicza się poziom dźwięku A pod ochronnikami słuchu. Najbardziej dokładną metodą doboru jest metoda pasm oktawowych, wymagająca znajomości poziomu ciśnienia akustycznego w pasmach oktawowych o częstotliwościach od 125 do 8000 Hz na stanowisku pracy oraz wartości średnich

wraz z odchyleniami standardowymi tłumienia dźwięku ochronników słuchu również z zakresu częstotliwości od 125 do 8000 Hz. Poziom dźwięku A pod ochronnikami słuchu można również wyznaczyć metodą HML, która jest mniej dokładna niż metoda pasm oktaowych. Metoda ta wymaga wykonania pomiaru równoważnego poziomu dźwięku A i równoważnego poziomu dźwięku C na stanowisku pracy oraz użycia parametrów H, M i L ochronników słuchu. Najmniej dokładną metodą doboru jest metoda SNR. Aby móc w sposób szacunkowy określić poziom dźwięku A pod ochronnikami słuchu, wystarczy przeprowadzić pomiar równoważnego poziomu dźwięku C i użyć parametru SNR ochronnika słuchu.

Zaleca się, aby ochronniki słuchu tak dobierać, aby zagwarantować brak ryzyka uszkodzenia słuchu użytkownika [5]. Wartość poziomu dźwięku A pod ochronnikami słuchu nie powinna zatem przekraczać 80 dB ze względu na ochronę słuchu [9]. Jednocześnie wartość poziomu dźwięku A pod ochronnikami słuchu nie powinna być mniejsza niż 70 dB ze względu na możliwość odbioru dźwięków użytecznych [1].

Przykład doboru ochronników słuchu

Przedstawiony przykład doboru ochronników słuchu dotyczy stanowiska pracy, na którym występuje hałas wytwarzany w trakcie czyszczenia elementów metalowych sprężonym powietrzem. Uwzględniono zarówno dobór ochronników słuchu dla pasm tercjowych o częstotliwościach środkowych 10, 12,5 i 16 kHz, jak i dobór najbardziej dokładną metodą pasm oktaowych dla zakresu częstotliwości do 8 kHz.

Poziom dźwięku A pod ochronnikiem słuchu $L'_{p,A}$ metodą pasm oktawowych oblicza się zgodnie ze wzorem (2) podanym w normie PN-EN 458:2016 [7]:

$$L'_{p,A} = 10 \text{Log} \sum_{f=125}^{8000} 10^{0,1(L_{p,f} + K_{A,f} - (m_f - s_f))} \quad [\text{dB}] \quad (2)$$

gdzie:

- $L_{p,f}$ – poziom ciśnienia akustycznego zmierzony na stanowisku pracy w paśmie oktawowym o częstotliwości środkowej f , dB,
- $K_{A,f}$ – wartość poprawki według charakterystyki częstotliwościowej A w paśmie oktawowym o częstotliwości środkowej f , dB (Tab. 3),
- m_f – wartość średnia tłumienia dźwięku ochronnika słuchu w paśmie tercjowym¹ o częstotliwości środkowej f , dB,
- s_f – odchylenie standardowe tłumienia dźwięku ochronnika słuchu w paśmie tercjowym o częstotliwości środkowej f , dB,
- f – częstotliwość środkowa pasma oktawowego/tercjowego z zakresu 125–8000 Hz.

W tabeli 1 przedstawiono wartości poziomu ciśnienia akustycznego w pasmach oktawowych o częstotliwościach środkowych od 125 do 8000 Hz i w pasmach tercjowych o częstotliwościach środkowych 10, 12,5 i 16 kHz hałasu wytwarzanego w trakcie czyszczenia elementów metalowych sprężonym powietrzem.

¹ Zgodnie z metodyką doboru ochronników słuchu metodą pasm oktawowych opisaną w normie PN-EN 458:2016, do doboru wykorzystuje się wyniki pomiarów poziomu ciśnienia akustycznego hałasu w oktawowych pasmach częstotliwości, natomiast tłumienie dźwięku ochronników słuchu podaje się w tercjowych pasmach częstotliwości oddalonych względem siebie o kolejne oktawy.

W tabeli 2 są podane wartości tłumienia dźwięku przykładowych ochronników słuchu, a w tabeli 3 – wartość poprawki według charakterystyki częstotliwościowej A, której uwzględnienie jest niezbędne przy doborze metodą pasm oktauwowych.

Tabela 1. Wartości poziomu ciśnienia akustycznego $L_{p,f}$ w pasmach oktauwowych o częstotliwościach środkowych od 125 do 8000 Hz i w pasmach tercjuwowych o częstotliwościach środkowych od 10000 do 16000 Hz hałasu wytwarzanego w trakcie czyszczenia elementów metalowych sprężonym powietrzem; f – częstotliwość środkowa pasma oktauwowego/tercjuwowego

| f , Hz | Pasma oktauwowe | | | | | | | Pasma tercjuwowe | | |
|----------------|-----------------|------|------|------|-------|-------|-------|------------------|-------|-------|
| | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 | 10000 | 12500 | 16000 |
| $L_{p,f}$, dB | 76,4 | 83,6 | 91,5 | 96,6 | 100,9 | 104,5 | 107,7 | 103,3 | 104,1 | 103,4 |

Tabela 2. Wartość średnia (m) oraz odchylenie standardowe (s) tłumienia dźwięku ochronnika słuchu; f – częstotliwość środkowa pasma tercjuwowego

| f , Hz | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 | 1000 | 1250 | 1600 |
|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| m , dB | 11,4 | 18,7 | 27,5 | 32,9 | 33,6 | 36,6 | 35,9 | 0 | 0 | 0 |
| s , dB | 4,1 | 3,6 | 2,5 | 2,7 | 3,4 | 2,7 | 3,7 | 4,0 | 4,2 | 3,3 |

Tabela 3. Wartość poprawki według charakterystyki częstotliwościowej A ($K_{A,f}$);

f – częstotliwość środkowa pasma oktauwowego

| f , Hz | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 |
|----------------|-------|------|------|------|------|------|------|
| $K_{A,f}$, dB | -16,2 | -8,6 | -3,2 | 0 | +1,2 | +1 | -1,1 |

Aby obliczyć poziom ciśnienia akustycznego w pasmach tercjuwowych o częstotliwościach środkowych 10, 12,5 i 16 kHz pod ochronnikiem słuchu, należy wprowadzić do wzoru (1) wartości poziomu ciśnienia akustycznego hałasu w rozpatrywanych pasmach tercjuwowych (tab. 1) oraz parametry ochronnika słuchu (tab. 2) dotyczące tych pasm tercjuwowych.

Poziom ciśnienia akustycznego w pasmach tercjowych o częstotliwościach środkowych 10, 12,5 i 16 kHz pod ochronnikiem słuchu dla hałasu występującego na stanowisku pracy, na którym za pomocą sprężonego powietrza są czyszczone elementy metalowe, wynosi zatem:

$$L'_{p,10000} = 103,3 - (31,1 - 4,0) = 68,2 \text{ dB},$$

$$L'_{p,12500} = 104,1 - (34,8 - 4,2) = 65,1 \text{ dB},$$

$$L'_{p,16000} = 103,4 - (39,7 - 3,3) = 60,4 \text{ dB}.$$

Dla wszystkich trzech rozważanych pasm tercjowych poziom ciśnienia akustycznego nie przekracza 80 dB, zatem rozpatrywany ochronnik słuchu odpowiednio zabezpiecza słuch pracownika przed hałasem w tych pasmach częstotliwości.

Kolejnym krokiem jest sprawdzenie, czy ochronnik słuchu odpowiednio chroni słuch przed hałasem w zakresie częstotliwości do 8 kHz. Można to zrobić wspomnianą wcześniej metodą pasm oktaowych.

Celem obliczenia poziomu dźwięku A pod ochronnikiem słuchu metodą pasm oktaowych należy wprowadzić do wzoru (2) wartości poziomu ciśnienia akustycznego hałasu w pasmach oktaowych o częstotliwościach środkowych od 125 do 8000 Hz (tab. 1) i parametrów ochronnika słuchu dotyczących tych pasm (tab. 2) oraz uwzględnić wartość poprawki według charakterystyki częstotliwościowej A (tab. 3).

Poziom dźwięku A pod rozpatrywanym ochronnikiem słuchu, wyznaczony dla zakresu częstotliwości obejmującego pasma oktaowe o częstotliwościach środkowych od 125 do 8000 Hz, w odniesieniu do hałasu występującego na stanowisku pracy,

na którym za pomocą sprężonego powietrza są czyszczone elementy metalowe, wynosi:

$$L'_{p,A} = 10 \log(10^{0,1(76,4+(-16,2)-(11,4-4,1))} + 10^{0,1(83,6+(-8,6)-(18,7-3,6))} + 10^{0,1(91,5+(3,2)-(27,5-2,5))} + 10^{0,1(96,6+0-(32,9-2,7))} + 10^{0,1(100,9+1,2-(33,6-3,4))} + 10^{0,1(104,5+1-(36,6-2,7))} + 10^{0,1(107,7+(-1,1)-(35,9-3,7))}) = 78,1 \text{ dB}$$

Poziom dźwięku A pod rozpatrywanym ochronnikiem słuchu, wyznaczony dla zakresu częstotliwości obejmującego pasma oktauwowe o częstotliwościach środkowych od 125 do 8000 Hz, zawiera się w zakresie od 70 do 80 dB. Jednocześnie dla żadnego z pasm tercjowych o częstotliwościach środkowych 10, 12,5 i 16 kHz poziom ciśnienia akustycznego nie przekracza 80 dB. Zatem ochronnik ten, przy założeniu poprawnego jego użytkowania, będzie skutecznie chronił słuch pracownika na rozpatrywanym stanowisku pracy.

3. Tłumienie dźwięku w pasmach o częstotliwościach słyszalnych powyżej 8 kHz

W tabeli 4 przedstawiono wartości średnie wraz z odchyleniami standardowymi tłumienia dźwięku w pasmach tercjowych o częstotliwościach środkowych 10, 12,5 i 16 kHz dwudziestu siedmiu powszechnie dostępnych modeli nauszników przeciwhałasowych, natomiast w tabeli 5 – wartości średnie wraz z odchyleniami standardowymi tłumienia dźwięku w tych samych pasmach dwudziestu dziewięciu powszechnie dostępnych modeli wkładek przeciwhałasowych. Przedstawione dane uzyskano w wyniku badań przeprowadzanych z udziałem osób (metoda subiektywna oparta na zaleceniach normy PN-EN 24869-1 [8]). Umożliwiają one porównanie skuteczności ograniczania hałasu przez poszczególne ochronniki słuchu w pasmach częstotliwości 10, 12,5 i 16 kHz. Są ponadto niezbędne do przeprowadzenia doboru ochronników słuchu. Sposób doboru ochronników opisano w rozdziale 2.

Tabela 4. Wartość średnia (m_f) oraz odchylenie standardowe (s_f) tłumienia dźwięku nauszników przeciwhałasowych

| Lp. | Nauszniki przeciwhałasowe | m_f/s_f , dB | Częstotliwość, kHz | | |
|-----|---------------------------|----------------|--------------------|------|------|
| | | | 10 | 12,5 | 16 |
| 1 | 3M Peltor H510A | m_f | 31,1 | 34,8 | 39,7 |
| | | s_f | 4,0 | 4,2 | 3,3 |
| 2 | 3M Peltor H520A | m_f | 30,3 | 34,0 | 42,6 |
| | | s_f | 4,2 | 5,1 | 3,9 |
| 3 | 3M Peltor H540A | m_f | 30,2 | 35,2 | 40,9 |
| | | s_f | 4,2 | 4,3 | 2,9 |
| 4 | 3M Peltor X1A | m_f | 28,6 | 34,1 | 40,2 |

| Lp. | Nauszniki przeciwhałasowe | m/S_f , dB | Częstotliwość, kHz | | |
|-----|-----------------------------|--------------|--------------------|------|------|
| | | | 10 | 12,5 | 16 |
| | | S_f | 2,4 | 4,6 | 3,7 |
| 5 | 3M Peltor X2A | m_f | 31,0 | 34,0 | 39,0 |
| | | S_f | 4,0 | 4,8 | 5,0 |
| 6 | 3M Peltor X3A | m_f | 30,3 | 35,2 | 40,4 |
| | | S_f | 4,1 | 4,4 | 4,4 |
| 7 | 3M Peltor X4A | m_f | 33,1 | 36,7 | 42,8 |
| | | S_f | 1,9 | 4,7 | 3,4 |
| 8 | 3M Peltor X5A | m_f | 32,0 | 35,5 | 42,2 |
| | | S_f | 2,9 | 4,5 | 2,7 |
| 9 | 3M Peltor H520P3 | m_f | 32,0 | 36,4 | 41,9 |
| | | S_f | 3,1 | 4,9 | 5,1 |
| 10 | Howard Leight Lightning L1 | m_f | 26,9 | 30,2 | 34,6 |
| | | S_f | 2,7 | 4,2 | 2,4 |
| 11 | Howard Leight Lightning L2 | m_f | 25,3 | 29,9 | 36,2 |
| | | S_f | 3,9 | 5,3 | 3,0 |
| 12 | Howard Leight Lightning L3 | m_f | 27,0 | 30,9 | 35,4 |
| | | S_f | 3,7 | 4,3 | 4,6 |
| 13 | Howard Leight Viking V1 | m_f | 24,7 | 29,3 | 33,9 |
| | | S_f | 3,2 | 4,7 | 3,1 |
| 14 | Howard Leight Viking V3 | m_f | 26,1 | 29,2 | 34,3 |
| | | S_f | 4,3 | 5,1 | 2,7 |
| 15 | Howard Leight Thunder T3 | m_f | 30,3 | 32,5 | 39,1 |
| | | S_f | 4,6 | 6,6 | 4,2 |
| 16 | Howard Leight Lightning L1H | m_f | 26,4 | 30,3 | 35,0 |
| | | S_f | 3,4 | 5,1 | 3,8 |
| 17 | MSA Sordin XLS | m_f | 31,3 | 35,6 | 40,9 |
| | | S_f | 3,6 | 6,0 | 4,0 |
| 18 | MSA Sordin EXC | m_f | 31,6 | 34,8 | 41,4 |
| | | S_f | 2,8 | 5,1 | 3,7 |
| 19 | MSASordin HPE | m_f | 32,1 | 34,8 | 41,0 |
| | | S_f | 2,3 | 4,9 | 3,3 |
| 20 | Hellberg Secure 1H | m_f | 25,7 | 29,3 | 34,0 |
| | | S_f | 2,1 | 4,1 | 5,2 |
| 21 | Hellberg Secure 2H | m_f | 25,1 | 27,5 | 34,0 |
| | | S_f | 4,3 | 4,7 | 5,9 |
| 22 | Hellberg Secure 3H | m_f | 27,7 | 30,1 | 35,3 |
| | | S_f | 4,4 | 5,7 | 6,7 |
| 23 | Hellberg Secure 2C | m_f | 25,0 | 29,5 | 36,3 |
| | | S_f | 3,2 | 3,4 | 3,6 |

| Lp. | Nauszniki przeciwhałasowe | m/s_f , dB | Częstotliwość, kHz | | |
|-----|---------------------------|--------------|--------------------|------|------|
| | | | 10 | 12,5 | 16 |
| 24 | JSP Classic gp | m_f | 27,5 | 31,5 | 39,0 |
| | | s_f | 3,1 | 5,3 | 4,4 |
| 25 | JSP Economuff | m_f | 25,0 | 27,7 | 39,2 |
| | | s_f | 4,7 | 4,5 | 2,2 |
| 26 | JSP J Muff | m_f | 25,2 | 25,9 | 33,7 |
| | | s_f | 3,2 | 3,9 | 4,4 |
| 27 | JSP Monaco | m_f | 30,2 | 34,1 | 38,7 |
| | | s_f | 3,2 | 5,4 | 5,3 |

Tabela 5. Wartość średnia (m) oraz odchylenie standardowe (s) tłumienia dźwięku wkładek przeciwhałasowych

| Lp. | Wkładki przeciwhałasowe | m/s_f , dB | Częstotliwość, kHz | | |
|-----|--------------------------|--------------|--------------------|------|------|
| | | | 10 | 12,5 | 16 |
| 1 | Howard Leight Laser Lite | m_f | 32,5 | 35,2 | 36,7 |
| | | s_f | 2,6 | 4,8 | 3,1 |
| 2 | Howard Leight Matrix | m_f | 26,4 | 32,0 | 35,6 |
| | | s_f | 3,2 | 3,9 | 2,9 |
| 3 | Howard Leight Firmfit | m_f | 31,4 | 33,4 | 36,5 |
| | | s_f | 2,8 | 4,0 | 2,8 |
| 4 | Howard Leight Max Lite | m_f | 33,2 | 34,6 | 36,1 |
| | | s_f | 3,7 | 4,5 | 2,8 |
| 5 | Howard Leight Max | m_f | 33,2 | 33,7 | 36,6 |
| | | s_f | 3,3 | 4,1 | 3,2 |
| 6 | Uvex x-fit | m_f | 33,1 | 34,0 | 36,0 |
| | | s_f | 2,8 | 4,5 | 3,5 |
| 7 | Uvex com4-fit | m_f | 31,7 | 34,4 | 36,6 |
| | | s_f | 3,4 | 4,4 | 4,2 |
| 8 | Uvex hi-com lime | m_f | 31,2 | 33,2 | 35,6 |
| | | s_f | 3,8 | 4,0 | 2,8 |
| 9 | Howard Leight Airsoft | m_f | 27,9 | 32,1 | 33,7 |
| | | s_f | 4,6 | 4,6 | 4,7 |
| 10 | Uvex Whisper | m_f | 28,5 | 33,3 | 35,0 |
| | | s_f | 4,2 | 4,2 | 2,7 |
| 11 | Howard Leight Smart-fit | m_f | 28,2 | 31,9 | 35,3 |
| | | s_f | 4,1 | 3,8 | 3,5 |
| 12 | Howard Leight Neutron | m_f | 16,4 | 22,8 | 30,3 |
| | | s_f | 4,3 | 3,8 | 5,7 |
| 13 | Howard Leight Fusion | m_f | 32,3 | 33,0 | 35,5 |
| | | s_f | 3,3 | 3,4 | 3,7 |

| Lp. | Wkładki przeciwhałasowe | m_f/s_f , dB | Częstotliwość, kHz | | |
|-----|--------------------------|----------------|--------------------|------|------|
| | | | 10 | 12,5 | 16 |
| 14 | Uvex x-fold | m_f | 29,3 | 31,7 | 35,7 |
| | | s_f | 3,8 | 3,7 | 4,7 |
| 15 | Howard Leight Per-Cap | m_f | 30,8 | 32,4 | 36,1 |
| | | s_f | 3,5 | 4,1 | 3,5 |
| 16 | Howard Leight QB3 | m_f | 28,9 | 32,4 | 36,3 |
| | | s_f | 5,1 | 5,4 | 3,1 |
| 17 | 3M EARsoft | m_f | 33,0 | 34,2 | 37,2 |
| | | s_f | 2,3 | 3,6 | 3,1 |
| 18 | 3M 1271 | m_f | 30,8 | 33,2 | 36,3 |
| | | s_f | 3,6 | 4,5 | 3,7 |
| 19 | 3M 1310 | m_f | 31,8 | 32,8 | 36,0 |
| | | s_f | 2,8 | 4,4 | 4,0 |
| 20 | 3M 1120 | m_f | 31,8 | 33,8 | 36,2 |
| | | s_f | 2,9 | 5,0 | 4,0 |
| 21 | 3M 1100 | m_f | 31,2 | 33,2 | 36,2 |
| | | s_f | 2,3 | 4,4 | 3,7 |
| 22 | 3M EAR Classic | m_f | 31,0 | 33,1 | 36,6 |
| | | s_f | 3,4 | 4,6 | 3,4 |
| 23 | 3M EAR Band | m_f | 31,9 | 33,0 | 35,2 |
| | | s_f | 3,3 | 4,2 | 3,8 |
| 24 | 3M EAR Ultrafit 14 | m_f | 12,9 | 24,5 | 29,5 |
| | | s_f | 4,0 | 4,4 | 4,7 |
| 25 | 3M EAR Ultrafit | m_f | 30,0 | 32,6 | 36,2 |
| | | s_f | 2,4 | 4,1 | 2,9 |
| 26 | 3M EAR Ultrafit 20 | m_f | 17,7 | 23,5 | 33,0 |
| | | s_f | 5,0 | 3,8 | 4,5 |
| 27 | 3M EARsoft FX | m_f | 33,2 | 34,3 | 37,2 |
| | | s_f | 2,5 | 4,4 | 2,8 |
| 28 | Howard Leight Bilsom 303 | m_f | 32,9 | 34,4 | 37,1 |
| | | s_f | 4,1 | 4,9 | 3,3 |
| 29 | Stopper ELA | m_f | 30,3 | 33,3 | 34,9 |
| | | s_f | 3,8 | 4,4 | 4,1 |

Dane zamieszczone w tabeli 4 wskazują na istotne zróżnicowanie wartości średnich tłumienia dźwięku w zakresie częstotliwości słyszalnych powyżej 8 kHz pomiędzy poszczególnymi nasłuchiwaczami przeciwhałasowymi. Spośród powszechnie stosowa-

nych 27 modeli nauszników przeciwhałasowych, wartości średnie mierzonych dla nich tłumień zawierają się w zakresie od 24,7 do 33,1 dB w przypadku pasma tercjowego o częstotliwości środkowej 10 kHz, od 25,9 do 36,7 dB dla pasma 12,5 kHz oraz od 33,7 do 42,8 dB dla pasma 16 kHz. Tłumienie dźwięku poszczególnych nauszników przeciwhałasowych przyjmuje zatem coraz większe wartości wraz ze wzrostem częstotliwości.

Wartości średnie tłumień mierzonych dla powszechnie stosowanych 29 modeli wkładek przeciwhałasowych (tab. 5) zawierają się w zakresie od 12,9 do 33,2 dB w przypadku pasma tercjowego o częstotliwości środkowej 10 kHz; od 22,8 do 35,2 dB dla pasma 12,5 kHz oraz od 29,5 do 37,2 dB dla pasma 16 kHz. Porównując największe wartości średnie tłumienia hałasu w zakresie wysokich częstotliwości słyszalnych z podziałem na rodzaje wkładek, można stwierdzić, że wkładki piankowe charakteryzują się jedynie nieznacznie większym tłumieniem niż wkładki skrzydełkowe i wkładki ze sprężyną dociskową (o ok. 1 – 2 dB).

4. Podsumowanie

Dane dotyczące tłumienia dźwięku ochronników słuchu w pasmach tercjowych o częstotliwościach środkowych 10, 12,5 oraz 16 kHz, zamieszczone w rozdziale 3, w połączeniu ze sposobem doboru ochronników słuchu opisanym w rozdziale 2 i danymi tłumienia dźwięku z zakresu częstotliwości do 8 kHz, pozwalają stwierdzić, czy stosowane ochronniki słuchu dostatecznie zabezpieczają słuch ich użytkownika nie tylko w standardowo rozpatrywanym zakresie częstotliwości (do 8 kHz), lecz także z uwzględnieniem zakresu częstotliwości rozszerzonego do 16 kHz.

Należy przy tym mieć na uwadze, że przedstawiony sposób postępowania przy doborze ochronników słuchu będzie skuteczny pod warunkiem spełnienia ogólnych zasad dotyczących użytkowania ochronników słuchu. Przede wszystkim istotne jest zwrócenie uwagi na następujące kwestie:

- ▶ ochronniki słuchu powinny być stosowane przez cały czas przebywania pracownika w hałasie. Przerwy w stosowaniu ochronników słuchu mogą w znacznym stopniu zmniejszyć stopień ochrony i być przyczyną powstania ubytków słuchu,
- ▶ niezbędne jest prawidłowe zakładanie ochronników słuchu. W szczególności należy zwrócić uwagę na poprawne umieszczanie wkładek przeciwhałasowych w zewnętrznym przewodzie słuchowym użytkownika. Aby wyeliminować sytuacje przebywania pracownika w hałasie z niepoprawnie za-

łożonymi ochronnikami słuchu, należy go przeszkolić i przeprowadzać treningi poprawnego zakładania ochronników słuchu.

- ▶ należy mieć na uwadze, że stosowanie ochronników słuchu łącznie z innymi środkami ochrony indywidualnej może prowadzić do zmniejszenia skuteczności ograniczania hałasu przez ochronniki,
- ▶ stan techniczny ochronników słuchu powinien być regularnie kontrolowany. Elementy uszkodzone i zużyte należy zastąpić nowymi. Nawet niewielkie odkształcenie poduszki nauszników przeciwhałasowych może być przyczyną znacznego pogorszenia ich właściwości ochronnych,
- ▶ ochronniki słuchu powinny być czyszczone środkami i w sposób zgodny z przedstawionym w instrukcji użytkowania. Należy je przechowywać zgodnie z zaleceniami producenta.

5. Bibliografia

1. Kozłowski E., Młyński R. *Ochronniki słuchu – dobór i użytkowanie*. Warszawa, CIOP-PIB 2015.
2. Radosz J. *Procedura pomiaru hałasu ultradźwiękowego*. Podstawy i Metody Oceny Środowiska Pracy 2015, 4(86), 169-190.
3. Smagowska B. *Ultrasonic noise sources in a work environment*. Archives of Acoustics 2013, 38(2), 169-176.
4. Smagowska B., Pawlaczyk-Łuszczynska M. *Effects of ultrasonic noise on the human body – a bibliographic review*. International Journal of Occupational Safety and Ergonomics 2013, 19(2), 195-202.
5. Rozporządzenie Ministra Gospodarki i Pracy z dnia 5 sierpnia 2005 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy pracach związanych z narażeniem na hałas lub drgania mechaniczne. Dz.U. 2005 nr 157, poz. 1318.
6. Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Społecznej z dnia 6 czerwca 2014 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy. Dz.U. 2014 poz. 817.
7. PN-EN 458:2016. Ochronniki słuchu – Zalecenia dotyczące doboru, użytkowania, konserwacji codziennej i okresowej – Dokument przewodni.
8. PN-EN 24869-1. Akustyka – Ochronniki słuchu – Metoda subiektywna pomiaru tłumienia dźwięku.
9. PN-ISO 1999:2000. Akustyka – Wyznaczanie ekspozycji **zawodowej** na hałas i szacowanie uszkodzenia słuchu wywołanego hałasem.