

Rafał Młyński  
Emil Kozłowski

## OCENA OGRANICZANIA HAŁASU IMPULSOWEGO PRZEZ WKŁADKI PRZECIWAŁASOWE PODCZAS OBRÓBK METALU

ASSESSMENT OF THE IMPULSE NOISE ATTENUATION BY EARPLUGS IN METALWORKING PROCESSES

Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy / Central Institute for Labour Protection –  
National Research Institute, Warszawa, Poland  
Zakład Zagrożeń Wibroakustycznych / Department of Vibroacoustic Hazards

### STRESZCZENIE

**Wstęp:** Celem badań była odpowiedź na pytanie, czy wkładki przeciwałasowe zapewniają wystarczającą ochronę w przypadku ekspozycji na hałas impulsowy wytwarzany podczas obróbki metalu. **Materiał i metody:** Scharakteryzowano hałas wytwarzany przez kuźniczy młot powietrzno-matrycowy oraz prasę mimośrodową. Stosując tester akustyczny, przeprowadzono pomiary parametrów hałasu ( $L_{Cpeak}$ ,  $L_{Amax}$ ) pod 24 wzorami wkładek przeciwałasowych – piankowych, skrzydełkowych i z trzpieniem prowadzącym. Obliczono wartości  $L_{Aeq}$  pod wkładkami przeciwałasowymi z użyciem metody pasm oktaowych. **Wyniki:** Stwierdzono, że w przypadku prasy mimośrodowej wystąpiło przekroczenie wartości dopuszczalnej poziomu ekspozycji odniesionego do 8-godzinnego dobowego wymiaru czasu pracy ( $L_{EX,8h} = 94,8$  dB), natomiast w przypadku młota kuźniczego – przekroczenie wartości dopuszczalnej zarówno tego parametru ( $L_{EX,8h} = 108,3$  dB), jak i szczytowego poziomu dźwięku C ( $L_{Cpeak} = 148,9$  dB). Ocena parametrów hałasu ( $L_{Cpeak}$ ,  $L_{Amax}$ ,  $L_{Aeq}$ ) pod wkładkami przeciwałasowymi wykazała, że są wśród nich zarówno wkładki, które ograniczają hałas impulsowy odpowiednio (zapewniają właściwą ochronę słuchu), jak i takie, które ograniczają go niedostatecznie albo za mocno. **Wnioski:** Wkładki przeciwałasowe mogą być odpowiednim środkiem ochrony słuchu na stanowiskach pracy w procesach obróbki metalu. W przypadku badanego młota kuźniczego odpowiednie tłumienie hałasu jest zapewniane przez 9, a w przypadku badanej prasy mimośrodowej – przez 10 z 24 wkładek przeciwałasowych uwzględnionych w badaniach. Med. Pr. 2014;65(2):197–207

**Słowa kluczowe:** hałas impulsowy, ochronniki słuchu, wkładki przeciwałasowe

### ABSTRACT

**Background:** The aim of the study was to answer the question of whether earplugs provide sufficient protection in the exposure to impulse noise generated during metalworking processes. **Material and Methods:** The noise generated by die forging hammer and punching machine was characterized. Using an acoustic test fixture, noise parameters ( $L_{Cpeak}$ ,  $L_{Amax}$ ) under 24 earplugs, foam, winged and no-roll, were measured. Octave band method was used to calculate values of  $L_{Aeq}$  under earplugs. **Results:** It was found that in the case of punching machine the exposure limit value of A-weighted noise exposure level, normalized to an 8-h working day ( $L_{EX,8h} = 94.8$  dB) of noise present at the workstation, was exceeded, while in the case of die forging hammer both the exposure limit value of this parameter ( $L_{EX,8h} = 108.3$  dB) and the exposure limit value of peak sound pressure level ( $L_{Cpeak} = 148.9$  dB) were exceeded. The assessment of noise parameters ( $L_{Cpeak}$ ,  $L_{Amax}$ ,  $L_{Aeq}$ ) under earplugs revealed that the noise attenuation can be insufficient, sufficient, or too high. **Conclusions:** Earplugs can be suitable hearing protection devices in metalworking processes. Of the 24 earplugs included in this study, 9 provided appropriate noise attenuation in the case of tested die forging hammer and 10 in the case of tested punching machine. Med Pr 2014;65(2):197–207

**Key words:** impulse noise, hearing protection devices, earplugs

Autor do korespondencji / Corresponding author: Rafał Młyński, Zakład Zagrożeń Wibroakustycznych, Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy, ul. Czerniakowska 16, 00-701 Warszawa, e-mail: rmlynski@ciop.pl  
Nadesłano: 9 grudnia 2013, zatwierdzono: 17 lutego 2014

### WSTĘP

Na oddziaływanie hałasu impulsowego narażone są m.in. osoby, które pracują w obecności impulsów wytwarzanych przez broń palną lub powstających podczas

eksplozji materiałów wybuchowych, a także pracownicy zatrudnieni przy obróbce metalu w przetwórstwie przemysłowym. Do drugiej wymienionej grupy należy zaliczyć osoby przebywające na stanowiskach pracy, na których obsługiwane są m.in. prasy hydrauliczne, prasy

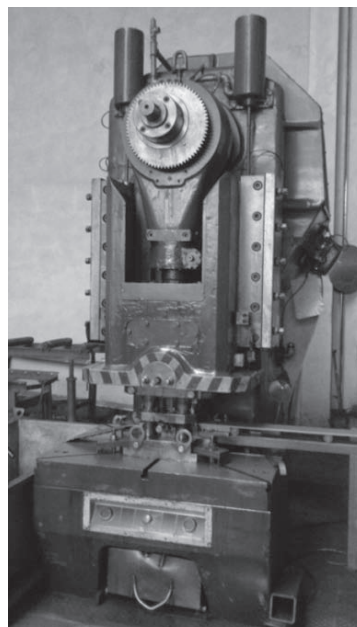
mimośrodowe, nożyce gilotynowe oraz młoty kuźnicze. Spośród źródeł hałasu stosowanych w procesach obróbki metalu młoty używane w kuźniach wytwarzają hałas charakteryzujący się najwyższą wartością szczytowego poziomu dźwięku C ( $L_{Cpeak}$ ), która może sięgać 147 dB (1).

W przypadku źródeł hałasu impulsowego przekroczenia dopuszczalnych wartości parametrów hałasu – które określono w Rozporządzeniu Ministra Pracy i Polityki Społecznej z dnia 29 listopada 2002 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy (2) – mogą dotyczyć:

- parametru charakteryzującego właściwości energetyczne sygnału – poziomu ekspozycji odniesionego do 8-godzinnego dobowego wymiaru czasu pracy ( $L_{EX,sh}$ ) (wartość dopuszczalna: 85 dB),
- parametrów uwzględniających wartość chwilową sygnału – maksymalnego poziomu dźwięku A ( $L_{Amax}$ ) (wartość dopuszczalna: 115 dB),
- szczytowego poziomu dźwięku C ( $L_{Cpeak}$ ) (wartość dopuszczalna: 135 dB).

W sytuacji przekroczenia w miejscu przebywania pracowników wartości dopuszczalnej któregokolwiek z 3 wymienionych parametrów hałasu pracodawca jest zobowiązany sporządzić i wprowadzić w życie program działań organizacyjno-technicznych, których celem jest ograniczenie narażenia na hałas (3). W przypadku hałasu o charakterze impulsowym najczęściej nie da się w dostatecznym stopniu ograniczyć narażenia na niego, stosując środki ochrony zbiorowej. W konsekwencji, kiedy parametry hałasu przekraczają wartości progów działania ( $L_{Cpeak} = 135$  dB,  $L_{EX,sh} = 80$  dB) (3), pracodawca obowiązany jest udostępnić ochronniki słuchu. Ponadto pracodawca nadzoruje ich stosowanie, kiedy wielkości charakteryzujące hałas osiągają lub przekraczają podane wcześniej wartości dopuszczalne.

Celem badań przedstawionych w niniejszym artykule była odpowiedź na pytanie, czy wkładki przeciwhałasowe, w które pracodawcy często wyposażają pracowników narażonych na hałas, zapewniają wystarczającą ochronę w przypadku ekspozycji na hałas impulsowy. W tym celu sprawdzono, czy z 24 wzorów popularnych wkładek przeciwhałasowych dostępnych na rynku można wytypować takie, które będą odpowiednie do ograniczania hałasu impulsowego wytwarzanego przez 2 często spotykane jego źródła przemysłowe – prasę mimośrodową oraz kuźniczy młot powietrzno-matrycowy. Badania przeprowadzono w obecności hałasu wytwarzanego przez prasę mimośrodową o nacisku 400 t (fot. 1) oraz kuźniczy młot powietrzno-matrycowy o energii uderzenia 40 kJ (fot. 2).



Fot. 1. Prasa mimośrodowa  
Photo 1. A punching machine



Fot. 2. Kuźniczy młot powietrzno-matrycowy  
Photo 2. A die forging hammer

## MATERIAŁ I METODY

### Badane wkładki przeciwhałasowe

Badaniem objęto łącznie 24 wzory wkładek przeciwhałasowych. W innych badaniach najczęściej oceniano małą liczbę ochronników słuchu, np. 2 wzory nauszników przeciwhałasowych (4) bądź 2 wzory wkładek przeciwhałasowych (5). Do niniejszych badań wytypowano popularne wzory wkładek przeciwhałasowych

jednorazowego i wielokrotnego użytku, w różnym stopniu ograniczające hałas, różnych producentów, dostępne w sprzedaży w Polsce. Wykaz badanych wkładek przeciwhałasowych przedstawiono w tabeli 1.

**Tabela 1.** Badane wkładki przeciwhałasowe oraz wartość parametru jednolitej oceny tłumienia (SNR) charakteryzującego tłumienie dźwięku

**Table 1.** Tested earplugs and the value of single number rating (SNR) that characterize sound attenuation

Wkładki przeciwhałasowe Earplugs	SNR [dB]
Piankowe – jednorazowego użytku / Foam – single use	
EAR Classic	32
Uvex com4-fit	33
Bilsom 303L	33
3M 1120	34
HL Max Lite	34
HL Laser Lite	35
HL MultiMax	35
EAR Soft (Neon)	36
EAR Superfit 36	36
Uvex x-fit	37
EAR Soft FX	39
Z trzpieniem (prowadzącym) – jednorazowego użytku / No-roll – single use	
Matrix Blue	23
Matrix Green	27
Matrix Orange	29
Skrzydłkowe – wielokrotnego użytku / Flanged – multiple use	
EAR UltraFit 14	14
EAR UltraFit 20	20
HL Clarity 656L	22
Stopper ELA	25
3M 1261	25
HL Fusion	28
HL SmartFit	30
HL AirSoft	30
EAR UltraFit	32
EAR UltraFit X	35

HL – Howard Leight.

### Kryteria oceny wkładek przeciwhałasowych

Stosowane ochronniki słuchu powinny być odpowiednio dobrane, czyli m.in. tak, żeby wyeliminować ryzyko uszkodzenia słuchu (3). Oznacza to, że ochronniki słu-

chu powinny zapewnić ograniczenie parametrów związanych z chwilową wartością sygnału – szczytowego poziomu dźwięku C ( $L_{Cpeak}$ ) i maksymalnego poziomu dźwięku A ( $L_{Amax}$ ) – do wartości poniżej dopuszczalnych ( $L_{Cpeak} < 135$  dB,  $L_{Amax} < 115$  dB). Ponadto należy zapewnić wartość nieprzekraczającą 80 dB równoważnego poziomu dźwięku A ( $L_{Aeq}$ ). Wartość ta wynika z analizy danych zamieszczonych w normie PN-ISO 1999:2000 (6), dotyczących oczekiwanego trwałego przesunięcia progu słyszenia wskutek ekspozycji na hałas.

Oprócz zapewnienia odpowiednich, ze względu na ochronę słuchu, wartości parametrów hałasu drugim zagadnieniem związanym z doбором ochronników słuchu jest percepcja sygnałów dźwiękowych generowanych na stanowisku pracy. Ochronniki słuchu powinny być dobierane w taki sposób, żeby równoważny poziom dźwięku A charakteryzujący hałas pod ochronnikiem słuchu nie był mniejszy niż 70 dB. Wartość ta – zdefiniowana w normie dotyczącej doboru, użytkowania i konserwacji ochronników słuchu (7) – jest związana z występowaniem efektu nadmiernego tłumienia, który może być przyczyną nieusłyszenia sygnału ostrzegawczego, a w konsekwencji – wypadku.

Należy przy tym zaznaczyć, że wkładki ocenione jako nadmiernie tłumiące hałas (za wysokie tłumienie) można stosować, kiedy nie ma innych ochronników słuchu dla określonego hałasu. Należy jednak, kierując się dokonaną oceną, wytypować wkładkę, która będzie w najmniejszym stopniu wkraczała w zakres nadmiernego tłumienia. Kryteria oceny wkładek przeciwhałasowych pod kątem możliwości ich zastosowania do ochrony przed hałasem impulsowym wytwarzanym przez młot kuźniczy i prasę mimośrodową przedstawiono w tabeli 2. Wszystkie 3 parametry hałasu wymienione w tabeli 2 muszą podlegać ocenie łącznej. Przekroczenie wartości kryterialnej pod wkładką przeciwhałasową przez którykolwiek z tych parametrów kwalifikuje wkładkę jako nieodpowiednią – o niedostatecznym tłumieniu. W sytuacji dostatecznego ograniczenia wartości wszystkich 3 parametrów ( $L_{Cpeak} < 135$  dB,  $L_{Amax} < 115$  dB i  $L_{Aeq} \leq 80$  dB) decydująca jest wartość  $L_{Aeq}$ , która prowadzi do 1 z 2 możliwych wtedy wyników oceny – odpowiednie albo zbyt wysokie tłumienie.

### Sposób wyznaczania parametrów hałasu pod wkładkami przeciwhałasowymi

Ocenę możliwości zastosowania każdego z badanych wzorów wkładek przeciwhałasowych do ochrony przed hałasem impulsowym wytwarzanym przez kuźniczy młot powietrzno-matrycowy i prasę mimośrodową

**Tabela 2.** Kryteria oceny wkładek przeciwhałasowych stosowanych przez osoby narażone na hałas impulsowy  
**Table 2.** Criteria for the assessment of earplugs used by people exposed to impulse noise

Hałas pod wkładką przeciwhałasową Noise under the earplug [dB]			Ocena wkładki przeciwhałasowej Earplug assessment
szczytowy poziom dźwięku C C-weighted peak sound pressure level	maksymalny poziom dźwięku A A-weighted maximum sound pressure level	równoważny poziom dźwięku A A-weighted equivalent sound pressure level	
$L_{Cpeak} \geq 135$	–	–	niedostateczne tłumienie / insufficient protection
–	$L_{Amax} \geq 115$	–	jw. / as above
–	–	$L_{Aeq} > 80$	jw. / as above
$L_{Cpeak} < 135$	$L_{Amax} < 115$	$70 \leq L_{Aeq} \leq 80$	odpowiednie tłumienie / sufficient protection
		$L_{Aeq} < 70$	za wysokie tłumienie / too high protection (overprotection)

przeprowadzono na podstawie wyników pomiarów parametrów hałasu –  $L_{Cpeak}$  i  $L_{Amax}$  – oraz na podstawie obliczeń wartości  $L_{Aeq}$  pod tymi wkładkami.

W przypadku parametrów  $L_{Cpeak}$  i  $L_{Amax}$  nie ma znormalizowanych metod obliczeniowych, które prowadzą do wyznaczenia wartości tych parametrów pod ocenianymi wkładkami przeciwhałasowymi. Jedynym rozwiązaniem obliczeniowym jest metoda szacowania tłumienia dźwięku ochronników słuchu w przypadku hałasów impulsowych, zamieszczona w załączniku do normy PN-EN 458 (7), który ma jedynie status informacyjny. Metoda przedstawiona w tym załączniku charakteryzuje się ograniczoną dokładnością obliczeń (4), a przede wszystkim nie uwzględnia obu parametrów związanych z chwilową wartością sygnału ( $L_{Cpeak}$  i  $L_{Amax}$ ) i nie umożliwia określania skuteczności ograniczania hałasu impulsowego przez ochronniki słuchu w przypadku maksymalnego poziomu dźwięku A. W tej sytuacji w niniejszych badaniach wykorzystano układ pomiarowy, w którym zastosowano tester akustyczny.

W przypadku parametru  $L_{Aeq}$  dostępna jest znormalizowana metoda obliczeniowa – metoda pasm oktaowych (7), która bardziej miarodajnie określa wartość tego parametru niż pomiary z użyciem urządzeń symulujących osoby. Możliwości odzwierciedlenia cech osób przez testery akustyczne są bowiem ograniczone (8,9). W metodzie pasm oktaowych korzysta się z danych tłumienia dźwięku ochronników słuchu, które są mierzone z udziałem grupy osób, zgodnie z metodą znormalizowaną (10). W takiej sytuacji w niniejszej pracy wartość  $L_{Aeq}$  pod wkładkami przeciwhałasowymi wyznaczało, stosując metodę obliczeniową.

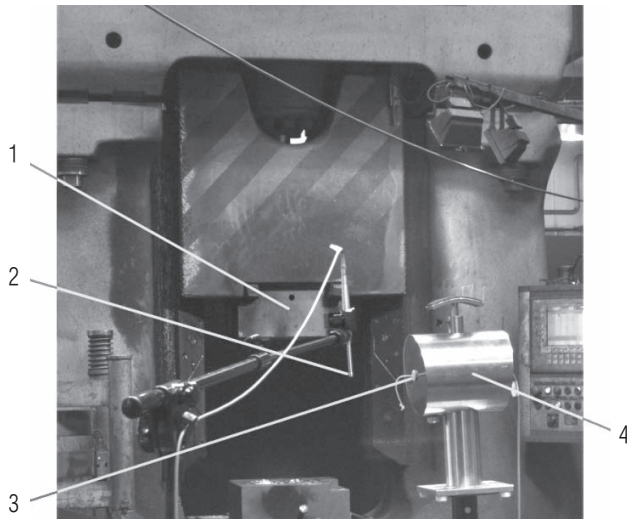
Zgodnie z nią równoważny poziom dźwięku A pod wkładką przeciwhałasową obliczany jest na podstawie różnic między wartościami poziomu ciśnienia akustycznego zmierzonymi na stanowisku pracy w siedmiu oktaowych pasmach częstotliwości a danymi tłumienia dźwięku określonej wkładki przeciwhałasowej. Wykorzystano dane tłumienia dźwięku wkładek przeciwhałasowych zamieszczone w instrukcji dla użytkowników ochronników słuchu.

### Układ pomiarowy

Układ wykorzystywany do pomiarów hałasu docierającego pod wkładkę przeciwhałasową oraz do charakteryzowania hałasu obecnego w miejscu pracy przedstawiono na fotografii 3. Układ ten składa się z mikrofonu Brüel & Kjaer 4135 (1/4") do pomiaru na zewnątrz wkładek przeciwhałasowych oraz testera akustycznego z mikrofonem Brüel & Kjaer 4192 (1/2") do pomiaru pod wkładką przeciwhałasową.

Sygnały otrzymywane z obu mikrofonów były dostarczane do kasyety pomiarowej Brüel & Kjaer PULSE (prod. Brüel & Kjaer, Dania). Mierzone parametry hałasu impulsowego wyznaczane były z użyciem oprogramowania przygotowanego dla środowiska Matlab, w którym uwzględniono niezbędne korekcje oraz funkcję przejścia między mikrofonem umieszczonym w odległości 10 cm od testera akustycznego a mikrofonem testera akustycznego. Użycie funkcji przejścia jest niezbędne do uzyskania wartości parametrów hałasu obecnego pod wkładkami przeciwhałasowymi w urządzeniu odzwierciedlającym ucho (tester akustyczny), które będą mogły podlegać ocenie. Zgodnie z normą PN-EN ISO 11904-2 (11) zmierzony poziom dźwięku





- 1 – źródło hałasu: kuźniczy młot powietrzno-matrycowy / noise source: die forging hammer.  
 2 – mikrofon Brüel & Kjær 4135 do pomiaru na zewnątrz wkładek przeciwhałasowych / Brüel & Kjær 4135 microphone for measurements outside earplugs.  
 3 – badana wkładka przeciwhałasowa / earplug under test.  
 4 – tester akustyczny z mikrofonem Brüel & Kjær 4192 do pomiaru pod wkładką przeciwhałasową / acoustic test fixture with Brüel & Kjær 4192 microphone for measurements under the earplug.

**Fot. 3.** Układ pomiarowy do badań tłumienia hałasu impulsowego przez wkładki przeciwhałasowe  
**Photo 3.** Measurement setup used for impulse noise attenuation by earplugs

sygnału docierającego do ucha należy bowiem przetworzyć na poziom dźwięku w miejscu ekspozycji osoby (lecz pod jej nieobecność), z użyciem funkcji przejścia. Funkcja ta może być wykorzystywana do oceny zarówno hałasu ustalonego (12), jak i impulsowego (4).

Tester akustyczny używany do przeprowadzania pomiaru parametrów hałasu pod wkładką przeciwhałasową wyposażony jest w sprzęgacz odzwierciedlający zewnętrzny przewód słuchowy, pokryty elastycznym tworzywem i umożliwiający umieszczanie w nim badanej wkładki przeciwhałasowej. Tester zawiera również komorę odzwierciedlającą właściwości ucha środkowego.

W badaniach ograniczania hałasu impulsowego przez wkładki przeciwhałasowe stosowano tester akustyczny, ponieważ umożliwia on uzyskiwanie powtarzalnych warunków pomiarowych. Ponadto stosowanie testera umożliwia przeprowadzanie badań w obecności impulsów o dużym poziomie dźwięku, co nie jest dopuszczalne przy zastosowaniu metody pomiarowej z udziałem osób – ze względu na zagrożenie dla ich słuchu. Hałas o charakterze impulsowym jest bowiem szczególnie niebezpieczny i nawet jedna ekspozycja na impuls o dużym poziomie dźwięku może skutkować

natychmiastowym wystąpieniem trwałego uszkodzenia słuchu (13). Stosowanie testera akustycznego pozwala także uniezależnić wynik pomiaru od wpływu zakłóceń związanych z ruchami stawu żuchwowo-skroniowego, co ma miejsce w przypadku badań przeprowadzanych techniką MIRE (Microphone in Real Ear – mikrofon umieszczony w uchu) z udziałem osób.

Należy jednocześnie mieć na uwadze, że ograniczone możliwości odzwierciedlania cech osób przez testery akustyczne sprawiają, że wyniki badań tłumienia hałasu przez ochronniki słuchu uzyskiwane z użyciem testerów mogą odbiegać od tłumienia hałasu przez ochronniki użytkowane przez osoby (8,9). W związku z tym, żeby tester odzwierciedlał wierniej sytuacje użytkowania wkładek przeciwhałasowych przez osoby, w analizie danych pomiarowych autorzy niniejszej pracy uwzględnili częstotliwościowe charakterystyki korekcyjne. Charakterystyki te wynikają z danych tłumienia dźwięku poszczególnych wkładek przeciwhałasowych (czyli wyników badań uzyskiwanych z udziałem osób (10)), zamieszczanych w instrukcji ochronników słuchu. Korekcja wyników związana ze stosowaniem urządzenia odwzorowującego głowę była wykorzystywana np. w badaniach skuteczności ograniczania hałasu impulsowego wywołwanego przez broń palną (4).

Każda z pomiarowo uzyskanych wartości parametrów hałasu pod wkładkami przeciwhałasowymi przedstawiona w niniejszej pracy była uzyskana na podstawie uśrednienia rezultatów 3 niezależnych doświadczeń.

## WYNIKI

Wartości parametrów hałasu zmierzone na stanowiskach pracy, na których obsługiwany jest kuźniczy młot powietrzno-matrycowy oraz prasa mimośrodowa, zamieszczono w tabeli 3. Hałas scharakteryzowano za pomocą 3 parametrów ( $L_{Cpeak}$ ,  $L_{Amax}$ ,  $L_{EX,sh}$ ), które muszą być uwzględniane w ocenie narażenia pracowników (3), oraz za pomocą parametru  $L_{Aeq}$ , który stanowi podstawę do wyznaczania wartości  $L_{EX,sh}$ . Ponadto w tabeli 4. zamieszczono zmierzone w pasmach oktaowych wartości poziomów ciśnienia akustycznego w przypadku obu rozpatrywanych źródeł hałasu. Wyniki przedstawione w pasmach oktaowych są niezbędne do obliczeniowego wyznaczenia wartości równoważnego poziom dźwięku A pod poszczególnymi wkładkami przeciwhałasowymi.

Analizując dane zamieszczone w tabeli 3., należy zauważyć, że w przypadku prasy mimośrodowej wy-

**Tabela 3.** Parametry hałasu zmierzonego na stanowiskach pracy  
**Table 3.** Noise parameters measured at workstations

Źródło hałasu Noise source	Szczytowy poziom dźwięku C C-weighted peak sound pressure level ( $L_{Cpeak}$ ) [dB]	Maksymalny poziom dźwięku A A-weighted maximum sound pressure level ( $L_{Amax}$ ) [dB]	Poziom ekspozycji odniesiony do 8-godzinnego dobowego wymiaru czasu pracy A-weighted noise exposure level normalized to an 8-h working day ( $L_{EX,8h}$ ) [dB]	Równoważny poziom dźwięku A A-weighted equivalent sound pressure level ( $L_{Aeq}$ ) [dB]
Kuźniczy młot powietrzno-matrycowy / Die forging hammer	148,9	121,3	108,3	109,5
Prasa mimośrodowa / Punching machine	128,1	102,9	94,8	96,8

**Tabela 4.** Poziom ciśnienia akustycznego zmierzony w pasmach oktaowych na stanowiskach pracy  
**Table 4.** Sound pressure level measured in octave bands at workstations

Źródło hałasu Noise source	Poziom ciśnienia akustycznego vs częstotliwość środkowa pasma oktaowego Sound pressure level vs. octave-band center frequency [dB]						
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
Kuźniczy młot powietrzno-matrycowy / Die forging hammer	105,7	109,8	106,5	104,5	99,8	98,2	95,5
Prasa mimośrodowa / Punching machine	91,0	95,0	92,9	92,7	92,0	92,2	92,1

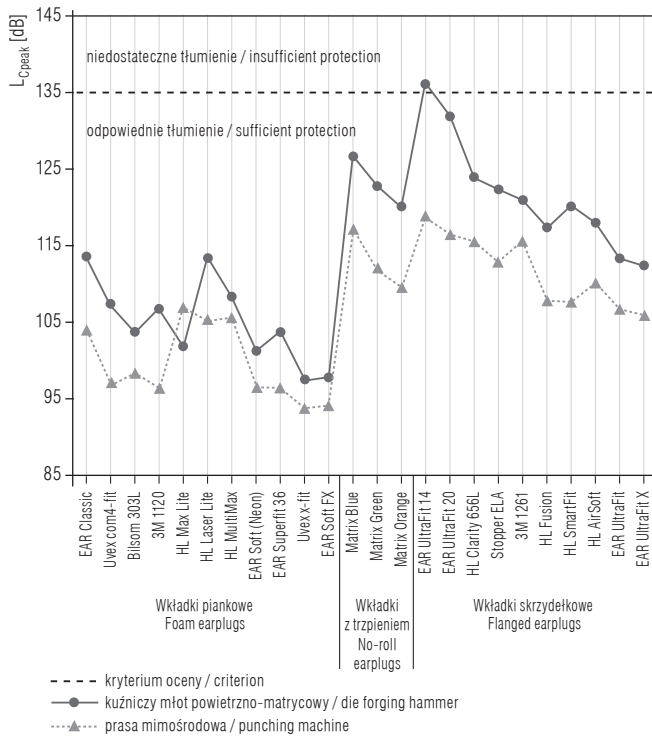
stąpiło przekroczenie wartości dopuszczalnej poziomu ekspozycji odniesionego do 8-godzinnego dobowego wymiaru czasu pracy ( $L_{EX,8h} > 85$  dB), natomiast w przypadku młota kuźniczego – przekroczenie wartości dopuszczalnej zarówno tego parametru, jak i szczytowego poziomu dźwięku C ( $L_{Cpeak} > 135$  dB).

Przekroczenie wartości dopuszczalnej parametru  $L_{Cpeak}$  oznacza, że dobór ochronników słuchu musi obejmować nie tylko ocenę wartości równoważnego poziomu dźwięku A hałasu docierającego pod rozpatrywany ochronnik, ale również ocenę odnoszącą się do  $L_{Cpeak}$ . Sposób postępowania jest w tym przypadku inny niż przy występowaniu hałasu ustalonego, kiedy ocenę skuteczności najczęściej wystarczy przeprowadzić w oparciu o analizę równoważnego poziomu dźwięku A. W przypadku przekroczenia wartości dopuszczalnej parametru związanego z chwilową wartością sygnału ( $L_{Cpeak}$  lub  $L_{Amax}$ ) konieczna jest bowiem weryfikacja, czy określony ochronnik słuchu w dostatecznym stopniu wpłynie na zmniejszenie wartości tego parametru.

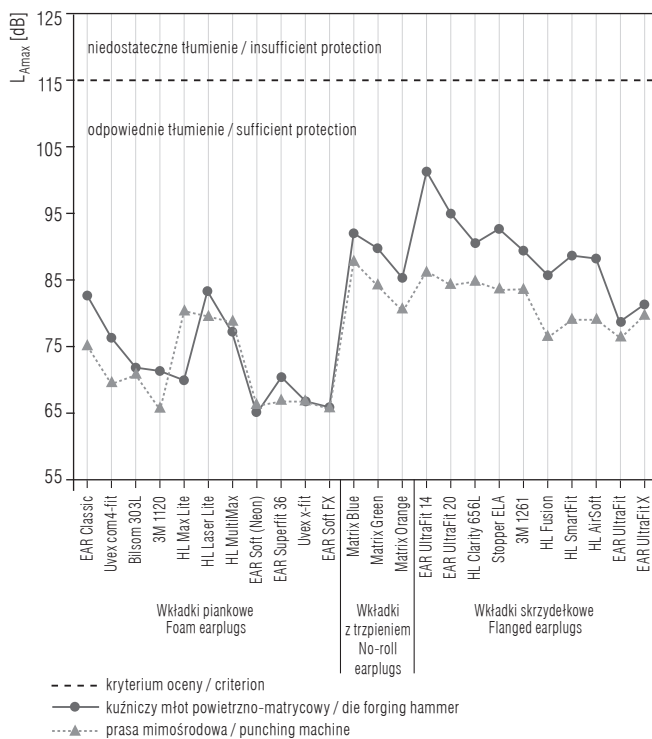
Przekroczenie dopuszczalnej wartości  $L_{Cpeak}$  oznacza ponadto, że niedopuszczalne jest przebywanie osoby bez założonych ochronników słuchu na stanowisku

obsługi młota powietrzno-matrycowego nawet przez bardzo krótki czas, który obejmuje np. ekspozycję na jeden impuls wytwarzany przez to źródło. W związku z tym obligatoryjne jest stosowanie ochronników słuchu w kuźniach także przez osoby wizytujące, które przebywają w hali produkcyjnej jedynie przez chwilę.

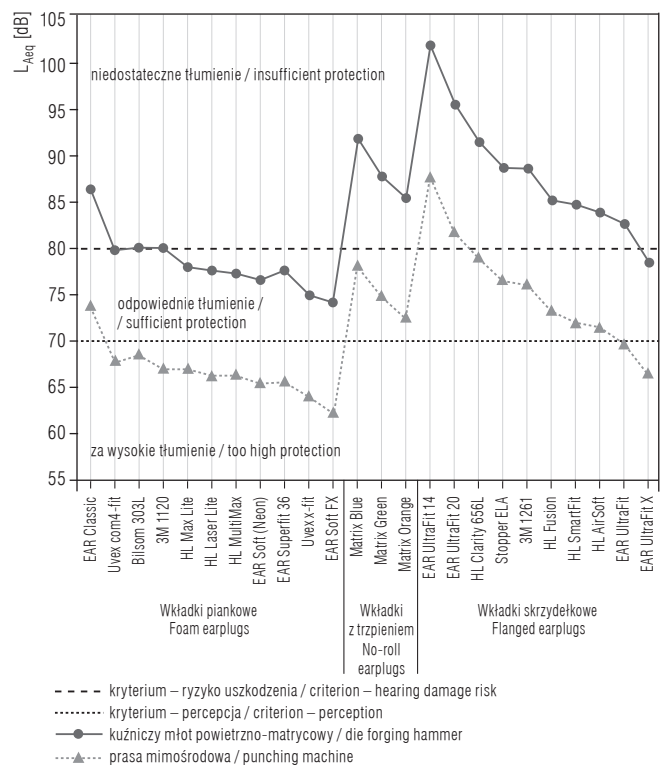
Wartości parametrów hałasu pod wkładkami przeciwhałasowymi, wyznaczone na obu stanowiskach pracy uwzględnionych w omawianych badaniach, przedstawiono na rycinach 1–3. Wyznaczono w nich parametry ( $L_{Cpeak}$ ,  $L_{Amax}$ ,  $L_{Aeq}$ ), które są uwzględniane w ocenie ochronników słuchu pod kątem możliwości ograniczania przez te ochronniki narażenia na hałas. Wartości  $L_{Cpeak}$  i  $L_{Amax}$  pod wkładkami przeciwhałasowymi wyznaczono także wtedy, gdy wynik pomiaru przeprowadzonego wcześniej na stanowisku pracy (na zewnątrz wkładek przeciwhałasowych) nie wskazał na przekroczenie wartości dopuszczalnej odnoszącej się do tych parametrów. Uzyskane dane reprezentują bowiem liczbowo możliwości ograniczania hałasu impulsowego przez poszczególne wkładki przeciwhałasowe w odniesieniu do obu wymienionych parametrów tego hałasu, niezależnie od tego czy  $L_{Cpeak}$  i  $L_{Amax}$  na stanowisku pracy przekraczają wartości dopuszczalne.



**Ryc. 1. Szczytowy poziom dźwięku C ( $L_{Cpeak}$ ) zmierzony pod wkładkami przeciwhałasowymi z użyciem testera akustycznego**  
**Fig. 1. C-weighted peak sound pressure level ( $L_{Cpeak}$ ) measured under earplugs using the acoustic test fixture**



**Ryc. 2. Maksymalny poziom dźwięku A ( $L_{Amax}$ ) zmierzony pod wkładkami przeciwhałasowymi z użyciem testera akustycznego**  
**Fig. 2. A-weighted maximum sound pressure level ( $L_{Amax}$ ) measured under earplugs using the acoustic test fixture**



**Ryc. 3. Równoważny poziom dźwięku A ( $L_{Aeq}$ ) obliczony pod wkładkami przeciwhałasowymi z użyciem metody pasm oktaowych**  
**Fig. 3. A-weighted equivalent sound pressure level ( $L_{Aeq}$ ) calculated under earplugs using octave band method**

W przypadku hałasu impulsowego wytwarzanego przez kuźniczy młot powietrzno-matrycowy stwierdzono przekroczenie wartości dopuszczalnej szczytowego poziomu dźwięku C ( $L_{Cpeak} = 148,9$  dB). Ważne więc było sprawdzenie, czy wkładki przeciwhałasowe będą dostatecznie obniżały wartości tego parametru. Dane przedstawione na rycinie 1. wskazują, że jedna z 24 badanych wkładek przeciwhałasowych – skrzydełkowa wkładka EAR Ultrafit14 – charakteryzuje się niedostatecznym tłumieniem hałasu impulsowego obecnego w kuźni. Pozostałe badane wkładki ograniczają szczytowy poziom dźwięku C do wartości poniżej kryterium (135 dB).

Należy przy tym zauważyć, że wartość szczytowego poziomu dźwięku C jest w największym stopniu ograniczana przez wkładki piankowe –  $L_{Cpeak}$  pod takimi wkładkami przyjmuje wartości z przedziału 97,9–113,9 dB. Największe obniżenie wartości  $L_{Cpeak}$  impulsów wytwarzanych przez kuźniczy młot powietrzno-matrycowy w przypadku wkładek skrzydełkowych występuje podczas stosowania wkładki EAR Ultrafit X ( $L_{Cpeak}$  pod wkładką – 112,7 dB). Z kolei wkładki

z trzpieniem umożliwiającą tłumienie impulsów skutkujące w najlepszym przypadku (Matrix Orange) wartością  $L_{Cpeak}$  równą 120,4 dB.

Szczytowy poziom dźwięku C ( $L_{Cpeak}$ ) zmierzony na zewnątrz wkładek przeciwhałasowych na stanowisku pracy obsługi kuźniczego młota powietrzno-matrycowego jest większy o 20,8 dB niż w przypadku prasy mimośrodowej, natomiast poziomy zmierzone pod wkładkami stosowanymi podczas obsługi młota są większe względem prasy jedynie o:

- 2,7–10,5 dB – w przypadku wkładek piankowych (poza wkładką HL Max Lite),
- 9,5–10,7 dB – w przypadku wkładek z trzpieniem,
- 6,4–17,1 dB – w przypadku wkładek skrzydełkowych.

Wskazane wyniki pomiarów świadczą, że pod względem  $L_{Cpeak}$  impulsy wytwarzane przez prasę mimośrodową są tłumione przez wkładki przeciwhałasowe w mniejszym stopniu niż impulsy wytwarzane przez młot powietrzno-matrycowy.

W przypadku obu rozpatrywanych źródeł hałasu impulsowego nie wystąpiło przekroczenie dopuszczalnej wartości maksymalnego poziomu dźwięku A, stąd również wartości  $L_{Amax}$  pod wkładkami przeciwhałasowymi (ryc. 2) są niższe we wszystkich przypadkach od wartości dopuszczalnej. Warto jednak zauważyć, że podobnie jak w przypadku parametru  $L_{Cpeak}$  największe obniżenie wartości  $L_{Amax}$  występuje w przypadku wkładek piankowych – do:

- 66,0–83,5 dB – dla impulsów wytwarzanych przez młot kuźniczy,
- 65,7–80,3 dB – dla hałasu wytwarzanego przez prasę mimośrodową.

Maksymalny poziom dźwięku A, biorąc pod uwagę oba źródła hałasu, w przypadku wkładek z trzpieniem przyjmuje wartości z zakresu 80,2–92,2 dB, a dla wkładek skrzydełkowych – 76,3–101,3 dB.

Zgodnie z zasadami przedstawionymi w tabeli 2. ocena wkładek przeciwhałasowych musi zawierać analizę zarówno parametrów hałasu odnoszących się do wartości chwilowych sygnału, jak i do wartości charakteryzujących jego właściwości energetyczne. Ocena przeprowadzona dla maksymalnego poziomu dźwięku A nie wykazała występowania przekroczeń wartości dopuszczalnych tego parametru (ryc. 2). Z kolei ocena odnosząca się do szczytowego poziomu dźwięku C, przedstawiona na rycinie 1., w 1 przypadku – dla wkładki EAR Ultrafit 14 stosowanej w obecności kuźniczego młota powietrzno-matrycowego – wykazała niedostateczne tłumienie hałasu. Jednocześnie niedostateczne tłumienie hałasu w przypadku tej samej wkładki i tego

samego źródła hałasu wystąpiło, kiedy ocenianym parametrem był równoważny poziom dźwięku A (ryc. 3).

W związku z powyższymi stwierdzeniami końcowe wyniki oceny możliwości ochrony słuchu z użyciem wkładek przeciwhałasowych, uwzględniające wszystkie 3 parametry hałasu docierającego pod te wkładki, w przypadku 2 rozpatrywanych źródeł hałasu są zbieżne z oceną odnoszącą się do równoważnego poziomu dźwięku A, przedstawioną na rycinie 3.

Ocena wkładek przeciwhałasowych dokonana w odniesieniu do równoważnego poziomu dźwięku A wykazała (ryc. 3), że wśród uwzględnionych w badaniach wkładek przeciwhałasowych znalazły się zarówno takie, które ograniczały hałas odpowiednio, a także w stopniu niedostatecznym lub zbyt silnie. Zauważyć można przede wszystkim, że wkładki piankowe, które w większym stopniu ograniczały szczytowy poziom dźwięku C i maksymalny poziom dźwięku A niż 2 pozostałe rodzaje wkładek, charakteryzują się również większym ograniczaniem równoważnego poziomu dźwięku A.

Wyniki uwzględnienia dodatkowego kryterium związanego z percepcją dźwiękowych sygnałów ostrzegawczych wskazały, że prawie wszystkie wkładki piankowe osiągają za wysokie tłumienie równoważnego poziomu dźwięku A ( $L_{Aeq}$  pod wkładkami poniżej 70 dB) w przypadku hałasu wytwarzanego przez prasę mimośrodową. Z kolei wszystkie 3 uwzględnione w badaniach wkładki z trzpieniem oraz 6 z 9 wzorów wkładek skrzydełkowych dają odpowiednią ochronę słuchu. W przypadku kuźniczego młota powietrzno-matrycowego odpowiednie tłumienie hałasu zapewniane jest natomiast przez 8 z 11 piankowych wkładek przeciwhałasowych i 1 wkładkę skrzydełkową. Niedostateczne jest ograniczanie hałasu przez wszystkie rozpatrywane wkładki przeciwhałasowe z trzpieniem oraz przez 9 z 10 wzorów wkładek skrzydełkowych.

Podsumowując wyniki oceny, należy stwierdzić, że 9 z 24 wkładek przeciwhałasowych odpowiednio tłumią hałas wytwarzany przez kuźniczy młot powietrzno-matrycowy. W przypadku prasy mimośrodowej odpowiednie tłumienie zapewnia 10 z 24 badanych wkładek przeciwhałasowych. Negatywna ocena możliwości ochrony słuchu – ze względu na niedostateczne tłumienie hałasu – dotyczyła 15 wzorów (hałas wytwarzany przez kuźniczy młot powietrzno-matrycowy) lub 2 wzorów (hałas wytwarzany przez prasę mimośrodową) rozpatrywanych wkładek przeciwhałasowych. Ponadto oceniono, że 12 wkładek zbyt silnie ogranicza hałas prasy mimośrodowej.



## OMÓWIENIE

Wyniki przeprowadzonych badań wskazały, że w przypadku 2 często spotkanych podczas obróbki metalu źródeł hałasu impulsowego – kuźniczego młota powietrzno-matrycowego oraz prasy mimośrodowej – przekraczane są dopuszczalne wartości hałasu. Tematyka zagrożenia hałasem impulsowym obecnym w przemyśle była podejmowana także w innych pracach, jednak ich liczba jest ograniczona.

W przypadku hałasu wytwarzanego w kuźniach wskazywano na sporadyczne występowanie wartości szczytowego poziomu ciśnienia akustycznego ( $L_{\text{peak}}$ ) nawet w zakresie 150–160 dB (14). Nowsze wyniki badań hałasu wytwarzanego w kuźniach wskazują na  $L_{\text{peak}}$  sięgający 144 dB (15). W poprzedniej pracy autorów niniejszego opracowania (1) stwierdzono, że  $L_{\text{Cpeak}}$  może sięgać 147 dB (energia uderzenia młota: 31 kJ). Wymienione wartości są więc zgodne z wynikami uzyskanymi w niniejszej pracy, w której stwierdzono, że  $L_{\text{Cpeak}}$  osiągnął 148,9 dB (energia uderzenia młota: 40 kJ).

W przypadku hałasu wytwarzanego przez prasę stosowane w procesach obróbki metalu poziom ciśnienia akustycznego zależy m.in. od rodzaju prasy, jej nacisku czy rodzaju obrabianego elementu. Przekroczenie wartości dopuszczalnej związane jest najczęściej z poziomem ekspozycji odniesionym do 8-godzinnego dobowego wymiaru czasu pracy, a więc ze stanowiącym podstawę do jego wyznaczenia równoważnym poziomem dźwięku A. W jednej z prac (16) stwierdzono, że  $L_{\text{Aeq}}$  w przypadku hałasu wytwarzanego przez prasę o nacisku 30 t wynosił 90 dB, a  $L_{\text{Cpeak}}$  – 112 dB. Dla prasy o nacisku 400 t, analizowanej w niniejszej pracy, były to wartości odpowiednio: 96,8 dB i 128,1 dB. Wymienione wartości równoważnego poziomu dźwięku A prowadzą do przekroczenia wartości dopuszczalnej poziomu ekspozycji odniesionego do 8-godzinnego dobowego wymiaru czasu pracy, przy założeniu, że pierwsza z pras (30 t) będzie obsługiwana jedynie przez 152 min, a druga (400 t) przez zaledwie 32 min.

Przeprowadzone badania parametrów hałasu docierającego pod wkładki przeciwhałasowe, w które pracodawcy często wyposażają pracowników narażonych na hałas, pozwoliły stwierdzić, które z nich są odpowiednie do ochrony słuchu przed hałasem o charakterze impulsowym wytwarzanym przez 2 często spotykane źródła – prasę mimośrodową i kuźniczy młot powietrzno-matrycowy. Okazało się, że w przypadku kuźniczego młota powietrzno-matrycowego zaledwie 9, a w przypadku prasy mimośrodowej tylko 10 z 24 uwzględnio-

nych w pomiarach wkładek przeciwhałasowych różnego rodzaju odpowiednio tłumi hałas.

Publikowane wyniki badań dotyczących tłumienia hałasu impulsowego przez ochronniki słuchu sprowadzają się zazwyczaj do oceny nauszników przeciwhałasowych (4). Wkładki przeciwhałasowe były obiektem badań w kontekście detekcji i identyfikacji określonych sygnałów dźwiękowych charakterystycznych podczas przeprowadzania operacji wojskowych, nie zaś pod kątem ograniczania hałasu impulsowego (5). W przypadku badań ograniczania hałasu impulsowego przez nauszniki przeciwhałasowe pomiary były najczęściej przeprowadzane w obecności impulsów wytwarzanych przez źródła typowe dla zastosowań militarnych – poza dwiema pracami, w których rozpatrywano hałas typowy dla źródeł stosowanych w przemyśle (15,17).

Starck i wsp. (15), którzy przeprowadzili pomiary techniką MIRE, stwierdzili, że tłumienie szczytowego poziomu ciśnienia akustycznego impulsów wytwarzanych w kuźniach wynosi 8–14 dB w przypadku nauszników przeciwhałasowych o małej objętości czasz oraz 12–25 dB dla nauszników o średniej i dużej objętości czasz. Wyniki badań przeprowadzonych również techniką MIRE przez Smoorenburga (17) wykazały, że nausznik przeciwhałasowy Peltor H7 ograniczał o 27–40 dB szczytowy poziom ciśnienia akustycznego hałasu impulsowego wytwarzanego przez źródła w przemyśle (prasa dziurkująca, gwoździarka). W przypadku impulsów wytwarzanych podczas eksplozji materiału wybuchowego tłumienie wyniosło tylko 17 dB. Różny stopień tłumienia przez nausznik przeciwhałasowy impulsów wytwarzanych przez różne źródła (pochodzących od eksplozji lub wytwarzanych przez źródła w przemyśle) wynika z różnego czasu trwania tych impulsów. Wraz ze wzrostem czasu trwania impulsu akustycznego zwiększa się zawartość energii akustycznej hałasu w zakresie niskich częstotliwości, co w połączeniu z przebiegiem charakterystyki tłumienia ochronników słuchu skutkuje zmniejszonym tłumieniem.

Wyniki badań uzyskanych w ramach niniejszej pracy nie są bezpośrednio porównywalne z wynikami przytoczonych wcześniej prac (15,17), ponieważ dotyczą innej metody pomiarowej (użycie testera akustycznego) oraz dotyczą wkładek, a nie nauszników przeciwhałasowych. Należy jednak zauważyć, że w przypadku wyników uzyskanych w niniejszej pracy zakres wartości tłumienia hałasu impulsowego również uzależniony jest od źródła tego hałasu. Uwzględnione w pomiarach wkładki przeciwhałasowe o 12,7–51 dB ograniczały wartość szczytowego poziomu dźwięku C w przypadku impulsów wytwarzanych przez młot kuźniczy oraz o 9–34,1 dB w przypadku

impulsów wytwarzanych przez prasę mimośrodową (wartości są wynikiem porównania danych z tab. 3 i ryc. 1).

Należy zaznaczyć, że stosowany w niniejszej pracy sposób oceny skuteczności ograniczania hałasu impulsowego przez wkładki przeciwhałasowe pozwala wytypować te wzory wkładek, które powinny w odpowiednim stopniu ochronić słuch przed hałasem o określonych parametrach. Sposób ten może być więc stosowany na etapie wyposażania pracownika w sprzęt ochronny. Rzeczywista skuteczność działania wytypowanych ochronników słuchu może być weryfikowana na podstawie pomiarów czasowych zmian słuchu z zastosowaniem audiometrii tonalnej lub/i emisji otoakustycznych (18–21). Weryfikacja taka wskazuje, że stosowane przez pracownika ochronniki słuchu stanowią skuteczną ochronę przed hałasem o określonych parametrach, jeśli po ekspozycji na ten hałas nie stwierdza się istotnego statystycznie czasowego pogorszenia słuchu.

## WNIOSKI

Przekroczenie wartości dopuszczalnej odnoszącej się zarówno do chwilowej wartości sygnału ( $L_{Cpeak}$ ), jak i w odniesieniu do parametru charakteryzującego właściwości energetyczne hałasu ( $L_{EX,sh}$ ) w przypadku hałasu wytwarzanego przez kuźniczy młot powietrzno-matrycowy oznacza, że:

- dobór ochronników słuchu musi obejmować nie tylko ocenę wartości równoważnego poziomu dźwięku A hałasu docierającego pod rozpatrywany ochronnik, ale również ocenę odnoszącą się do szczytowego poziomu dźwięku C,
- stosowanie ochronników słuchu w kuźniach przez pracowników, ale także przez osoby wizytujące, które przebywają w hali produkcyjnej jedynie przez chwilę, musi być obligatoryjne.

Przeprowadzone badania parametrów hałasu docierającego pod wkładki przeciwhałasowe wykazały, że wśród 24 popularnych wzorów wkładek przeciwhałasowych jednorazowego i wielokrotnego użytku (o różnym tłumieniu dźwięku i od różnych producentów), dostępnych w Polsce, są wkładki zarówno niedostatecznie, jak i odpowiednio tłumiące hałas wytwarzany przez kuźniczy młot powietrzno-matrycowy, a także zarówno niedostatecznie, odpowiednio, jak i za mocno tłumiące hałas wytwarzany przez prasę mimośrodową.

Okazało się, że wkładki przeciwhałasowe mogą być odpowiednim środkiem ochrony słuchu na stanowiskach pracy w procesach obróbki metalu. W przypadku hałasu wytwarzanego przez kuźniczy młot po-

wietrzno-matrycowy odpowiednie tłumienie hałasu zapewnia 9 z 24 uwzględnionych w badaniach wkładek. Było to 8 wkładek piankowych o wartościach parametru SNR (single number rating – jednolicebowa ocena tłumienia), które wynosiły 33–37 dB oraz 39 dB, a także 1 wkładka skrzydełkowa o SNR równym 35 dB.

Należy przy tym zaznaczyć, że w przypadku hałasu wytwarzanego przez kuźniczy młot powietrzno-matrycowy wartość parametru SNR nie we wszystkich przypadkach jednoznacznie była powiązana z wynikiem oceny, czy wkładka przeciwhałasowa będzie odpowiednim środkiem ochrony słuchu. Wyniki pomiarów 2 różnych piankowych wkładek przeciwhałasowych Uvex com4-fit i Bilsom 303L, charakteryzujących się tą samą wartością parametru SNR (33 dB), wykazały, że pierwsza z wkładek odpowiednio tłumia hałas, a druga – niedostatecznie. Podobna sytuacja miała miejsce w przypadku piankowych wkładek 3M 1120 i HL Max Lite (SNR obu wkładek wynosi 34 dB) – pierwsza z nich tłumiała hałas wytwarzany przez kuźniczy młot powietrzno-matrycowy niedostatecznie, a druga odpowiednio. Te odmiennie (mimo tej samej wartości SNR) ocenione wkładki różniły się wartościami tłumienia dźwięku określonymi w tercjowych pasmach częstotliwości, co powodowało inną skuteczność ograniczania hałasu przez każdą z nich.

W przypadku hałasu wytwarzanego przez prasę mimośrodową odpowiednie tłumienie hałasu zapewnia 10 z 24 uwzględnionych w badaniach wkładek przeciwhałasowych. Były to: 1 wkładka piankowa o SNR równym 32 dB, wszystkie 3 testowane wkładki z trzpieniem o SNR 23 dB, 27 dB i 29 dB oraz 6 wkładek skrzydełkowych o SNR wynoszącym 22 dB, 25 dB, 28 dB i 30 dB. W przypadku tego źródła hałasu nie wystąpiła sytuacja, w której 2 różne wkładki przeciwhałasowe o tej samej wartości parametru SNR były inaczej ocenione, tzn. jedna jako zapewniająca odpowiednie tłumienie, a druga jako niedostatecznie tłumiąca hałas.

Ponieważ tylko część dostępnych w sprzedaży wkładek przeciwhałasowych spełnia warunek odpowiedniego ograniczania hałasu w przypadku jego określonego źródła, istotny jest prawidłowy dobór środków ochrony słuchu. Powinien on uwzględniać parametry hałasu wytwarzanego w miejscu pracy.

## PIŚMIENNICTWO

1. Młyński R., Żera J., Kozłowski E.: Zagrożenie hałasem impulsowym wytwarzanym w przemyśle oraz podczas strzałów i eksplozji. *Bezpiecz. Pr.* 2012;3(486):22–25

2. Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Społecznej z dnia 29 listopada 2002 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy. DzU z 2002 r. nr 217, poz. 1833; DzU z 2005 r. nr 212, poz. 1769; DzU z 2007 r. nr 161, poz. 1142; DzU z 2009 r. nr 105, poz. 873; DzU z 2010 r. nr 141, poz. 950; DzU z 2011 r. nr 274, poz. 1621
3. 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. DzU z 2005 r. nr 157, poz. 1318
4. Lenzuni P., Sangiorgi T., Cerini L.: Attenuation of peak sound pressure levels of shooting noise by hearing protective earmuffs. *Noise Health*. 2012;14:91–99
5. Clasing J.E., Casali J.G.: Auditory situation awareness: Effects of enhanced hearing protection devices and TCAPS on in-field detection and identification of three military threat signatures. W: Burroughs C., Conlon S. [red.]. *Proceedings of the INTER-NOISE 2012; 19–22 August 2012; New York, USA. Institute of Noise Control Engineering (INCE), New York 2013*, ss. 3818–3829
6. PN-ISO 1999. Akustyka. Wyznaczanie ekspozycji zawodowej na hałas i szacowanie uszkodzenia słuchu wywołanego hałasem. Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa 2000
7. PN-EN 458:2006P. Ochronniki słuchu. Zalecenia dotyczące doboru, użytkowania, konserwacji codziennej i okresowej. Dokument przewodni. Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa 2006
8. Buck K., DeMezzo S., Zimpfer V.: Evaluation of hearing protectors with high level impulse noise using explosive charges. W: Burroughs C., Conlon S. [red.]. *Proceedings of the INTER-NOISE 09; 23–26 August 2009; Ottawa, Canada. Noise Control Foundation, New York 2010*, ss. 3409–3416
9. Berger E.H., Kieper R.W., Stergar M.E.: Performance of New Acoustical Test Fixtures Complying with ANSI S12.42-2010, With Particular Attention to the Specification of Self Insertion Loss. W: Burroughs C., Conlon S. [red.]. *Proceedings of the INTER-NOISE 2012; 19–22 August 2012; New York, USA. Institute of Noise Control Engineering (INCE), New York 2013*, ss. 3806–3817
10. PN-EN 24869-1:1999P. Akustyka. Ochronniki słuchu. Metoda subiektywna pomiaru tłumienia dźwięku. Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa 1999
11. PN-EN ISO 11904-2:2009P. Akustyka. Wyznaczanie emisji dźwięku od źródeł umieszczonych bezpośrednio przy uchu. Część 2. Technika z zastosowaniem manekina akustycznego. Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa 2009
12. Smagowska B., Mikulski W., Radosz J.: Ocena hałasu na wybranych stanowiskach pracy call center metodą pomiarów stanowiskowych oraz techniką MIRE. *Bezpiecz. Pr.* 2012;10(493):24–27
13. Lwow F., Józków P., Mędraś M.: Occupational exposure to impulse noise associated with shooting. *Int. J. Occup. Saf. Ergon. (JOSE)* 2011;17(1):69–77
14. Taylor W., Lempert B., Pelmear P., Hemstock I., Kershaw J.: Noise levels and hearing thresholds in the drop forging industry. *J. Acoust. Soc. Am.* 1984;76:807–819, <http://dx.doi.org/10.1121/1.391305>
15. Starck J., Toppila E., Laitinen H., Suvorov G., Haritonov V., Grishina T.: The attenuation of hearing protectors against High-level industrial impulse noise; comparison of predicted and in situ results. *Appl. Acoust.* 2002;63:1–8, [http://dx.doi.org/10.1016/S0003-682X\(01\)00025-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0003-682X(01)00025-1)
16. Pinte G., Boonen R., Sas P., Desmet W.: Active control of impact noise of punching machines. *Proceedings of the 12th International Congress on Sound and Vibration ICSV 12. 11–14 July 2005; Lisbon, Portugal. International Institute of Acoustics & Vibration, New York 2013*, ss. 601–609
17. Smoorenburg G.F.: Assessment of hearing protector performance in impulsive noise. *Doniesienie końcowe. Soesterberg, Netherlands: TNO Human Factors Research Institute; listopad 1996, doniesienie nr TM-96-C042*
18. Pawlas K., Grzesik J.: Efficiency of ear protectors in laboratory and real life tests. *Int. Arch. Occup. Environ. Health* 1990;62(4):323–327, <http://dx.doi.org/10.1007/BF00640841>
19. Pawlaczyk-Łuszczczyńska M., Dudarewicz A., Bąk M., Fiszer M., Kotyło P., Śliwińska-Kowalska M.: Temporary changes in hearing after exposure to shooting noise. *Int. J. Occup. Med. Environ. Health* 2004;17(2):285–294
20. Pawlaczyk-Łuszczczyńska M., Zaborowski K., Dudarewicz A.: Evaluation of efficiency of personal hearing protective devices in case of exposure to ultrasonic noise. *Proceedings of the 16th International Conference on Noise Control. 26–29 maja 2013, Ryn, Polska. Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa 2013*
21. Bockstael A., Keppler H., Dhooge I., D’haenens W., Maes L., Philips B. i wsp.: Effectiveness of hearing protector devices in impulse noise verified with transiently evoked and distortion product otoacoustic emissions. *Int. J. Audiology* 2008;47(3):119–133, <http://dx.doi.org/10.1080/14992020701704784>