

# Narażenie na hałas o częstotliwości 10 ÷ 40 kHz na stanowiskach pracy zgrzewarek ultradźwiękowych – techniczne sposoby ograniczenia narażenia<sup>1</sup>

Exposure to the noise in the frequency range 10 ÷ 40 kHz at workstations of welding machines – technical way of limitation exposure

---

*dr inż. BOŻENA SMAGOWSKA*  
*e-mail: bosma@ciop.pl*  
*Centralny Instytut Ochrony Pracy –*  
*Państwowy Instytut Badawczy*  
*00-701 Warszawa*  
*ul. Czerniakowska 16*

**Słowa kluczowe:** narażenie, hałas ultradźwiękowy, stanowiska pracy, zgrzewarki.  
**Keywords:** exposure, ultrasonic noise, workstations, welding machines.

## Streszczenie

W artykule przedstawiono wyniki narażenia na hałas o częstotliwości 10 ÷ 40 kHz na wybranych stanowiskach pracy zgrzewarek ultradźwiękowych. W przypadku dwóch stanowisk pracy zamieszczono przykłady ograniczenia emisji hałasu ultradźwiękowego przez zastosowanie rozwiązań technicznych.

Zastosowanie obudowy w jednej zgrzewarce oraz uszczelnienie istniejącej obudowy w drugiej zgrzewarce ograniczyło emisję hałasu ultradźwiękowego na stanowiskach obsługi, a tym samym zmniejszyło narażenie pracowników na ten czynnik szkodliwy.

---

<sup>1</sup> Publikacja opracowana na podstawie wyników uzyskanych w ramach III etapu programu wieloletniego: „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy” dofinansowywanego w latach 2014-2016 w zakresie zadań służb państwowych przez Ministerstwo Rodziny, Pracy i Polityki Społecznej.

Główny koordynator: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy.

## Summary

This article shows results of exposure to noise in the frequency range 10 ÷ 40 kHz at chosen workstations with ultrasonic welding machines. This paper presents limitation examples of ultrasonic noise emission through the use of technical ways in the cases of two workstations.

Ultrasonic noise emission at workstations was reduced with casing of one welding machine and sealing case of the other welding machine. Exposure of workers to ultrasonic noise at welding workstations decreased at the same time.

## WPROWADZENIE

Ultradźwięki są to fale sprężyste o częstotliwościach powyżej 16 kHz (*Pawlaczyk-Luszczyńska* 1999). Fale te mogą się rozprzestrzeniać w różnych ośrodkach, a w przypadku środowiska pracy środowiskiem tym jest najczęściej powietrze. Hałas, w którego widmie znajdują się składowe z zakresu wysokich częstotliwości słyszalnych (10 ÷ 20 kHz) oraz składowe ultradźwięków niskich częstotliwości (20 ÷ 40 kHz),<sup>2</sup> jest określany jako hałas ultradźwiękowy (*Pawlaczyk-Luszczyńska* i in. 2001).

Zastosowanie ultradźwięków jest powszechne i w zależności od ich oddziaływania na środowisko można je określić jako bierne lub czynne (*Koton* 1989; *Śliwiński* 2001). Do zastosowań biernych należy, np.: spektroskopia i defektoskopia ultradźwiękowa, medyczna diagnostyka ultradźwiękowa oraz hydrolokacja, natomiast do czynnych zastosowań – m.in.: koagulacja i dyspergowanie ultradźwiękowe, medyczna terapia ultradźwiękowa, kawitacja, rozkruszanie i formowanie ciał stałych, spajanie i lutowanie, mycie ultradźwiękowe i wiele innych (*Koton* 1989; *Śliwiński* 2001). Rozpowszechnienie ultradźwięków spowodowało wzrost zastosowań przetworników ultradźwiękowych w różnych gałęziach przemysłu m.in.: motoryzacyjnym, tekstylnym i elektrotechnicznym (*Matusiak* i in. 2013; *Smagowska* 2013).

Jednym z głównych zastosowań tych przetworników jest zgrzewanie ultradźwiękowe,

które polega na łączeniu metalowych lub plastikowych elementów. Najczęściej elementy te są wykonane z tworzywa odznaczającego się dużą zdolnością przenoszenia drgań mechanicznych, czyli z materiałów o dużym module sprężystości. Do zgrzewania ultradźwiękowego służą zgrzewarki, w których można wyodrębnić następujące układy: mechaniczny (stół, kolumna), pneumatyczny oraz układ wytwarzający drgania ultradźwiękowe (generator, przetwornik, falowód, narzędzie-sonotroda).

Podczas zgrzewania ultradźwiękowego składowe o częstotliwościach ultradźwiękowych wnikają do organizmu pracownika drogą powietrzną lub kontaktową (np. przez ręce podczas zgrzewania przewodów elektrycznych). Najczęściej stosowana częstotliwość robocza urządzeń ultradźwiękowych do zgrzewania dużych elementów to częstotliwość 20 kHz, a dla małych elementów są to częstotliwości: 30; 35 i 40 kHz. Równomierność zgrzewania zależy od równego rozkładu amplitudy drgań na czole sonotrody (*Matusiak* i in. 2013). Czas zgrzewania ultradźwiękowego nie przekracza 1 ÷ 2 s i zależy od rodzaju tworzywa oraz grubości i kształtu łączonych elementów (*Matusiak* i in. 2013). Zgrzewarki ultradźwiękowe należą do grupy, tzw. technologicznych źródeł hałasu ultradźwiękowego (*Pawlaczyk-Luszczyńska* i in. 2007). Na podstawie nielicznych danych w piśmiennictwie, dotyczących oddziaływania na człowieka

<sup>2</sup> Według przyjętej umownie do celów praktycznych definicji używanej jako rozszerzenie widma w stosunku do zakresu pomiarowego hałasu słyszalnego obejmującego zwykle zakres o środkowych częstotliwościach pasm tercjowych od 125 ÷ 8000 Hz.

hałasu ultradźwiękowego w środowisku pracy, stwierdzono, że czynnik ten może wywoływać zarówno skutki słuchowe (ubytki słuchu), a także wpływać ujemnie na układ przedsionkowy, co objawia się: bólami i zawrotami głowy, zaburzeniami równowagi i nudnościami (Smagowska, Pawlaczyk-Łuszczynska 2013).

W celu zapobiegania skutkom narażenia na hałas ultradźwiękowy zostały ustalone wartości najwyższych dopuszczalnych natężeń (NDN),<sup>3</sup> (rozporządzenie... DzU 2014, poz. 817). Najwyższy poziom ciśnienia akustycznego (SPL) w przestrzeni roboczej zgrzewarek ultradźwiękowych występuje najczęściej w paśmie częstotliwości pracy generatora zgrzewarki ultradźwiękowej i zależy m.in. od rodzaju zgrzewanych materiałów. Naj-

wyższy poziom ciśnienia akustycznego w zakresie hałasu ultradźwiękowego występuje przy jednoimiennych połączeniach, a najniższy – przy zgrzewaniu połączeń różnoimiennych (Matusiak i in. 2013). Ponadto, wpływ na wartość najwyższego poziomu ciśnienia akustycznego ma czas trwania pojedynczego zgrzewu oraz średnica zgrzewanych elementów w przypadku zgrzewania przewodów elektrycznych (Radosz 2012; 2014).

W niniejszym artykule zamieszczono wyniki pomiarów hałasu ultradźwiękowego o częstotliwości 10 ÷ 40 kHz na wybranych stanowiskach pracy zgrzewarek ultradźwiękowych, a także podano przykłady ograniczenia szkodliwego działania tego czynnika przez zmniejszenie emisji hałasu w przestrzeni roboczej zgrzewarek.

## METODA POMIARÓW I OCENY HAŁASU ULTRADŹWIĘKOWEGO NA STANOWISKACH PRACY

Pomiary hałasu ultradźwiękowego wykonywane do oceny narażenia pracownika na danym stanowisku pracy i wynikającego z tego narażenia ryzyka zawodowego przeprowadza się w typowych dla tego stanowiska miejscach przebywania pracownika, z uwzględnieniem standardowych warunków eksploatacji: narzędzia, maszyny czy urządzenia będącego źródłem tego hałasu (PN-N-18002: 2001).

Obowiązujące w Polsce wartości najwyższego dopuszczalnego natężenia (NDN) hałasu ultradźwiękowego ze względu na ochronę zdrowia dla ogółu pracowników są określone w rozporządzeniu ministra pracy i polityki społecznej (rozporządzenie... DzU 2014.). Pomiary przeprowadza się metodą określoną w zaktualizowanej procedurze pomiarowej (Radosz 2015) oraz zgodnie z wymaganiami zawartymi w wymienionym wcześniej rozporządzeniu. Zgodnie z nim, wyznacza się następujące wielkości fizyczne charakteryzujące hałas ultradźwiękowy:

- równoważne poziomy ciśnienia akustycznego w pasmach tercjowych o częstotliwościach środkowych 10 ÷ 40 kHz, odniesione do 8-godzinnego dobowego wymiaru czasu pracy ( $L_{\text{req},8h}$ ) lub równoważne poziomy ciśnienia akustycznego w pasmach tercjowych o częstotliwościach środkowych 10 ÷ 40 kHz odniesione do przeciętnego tygodniowego wymiaru czasu pracy, określonego w ustawie z dnia 1974 r. – Kodeks pracy (w przypadku oddziaływania hałasu ultradźwiękowego na organizm człowieka w sposób nierównomierny, wyjątkowo w poszczególnych dniach w tygodniu)
- maksymalne poziomy ciśnienia akustycznego w pasmach tercjowych o częstotliwościach środkowych 10 ÷ 40 kHz, ( $L_{\text{fmax}}$ ).

<sup>3</sup> NDN – wartość średnia narażenia, którego oddziaływanie na pracownika w ciągu 8-godzinnego dobowego i przeciętnego tygodniowego wymiaru czasu pracy określonego w Kodeksie pracy, przez jego okres aktywności zawodowej, nie powinna spowodować ujemnych zmian w stanie zdrowia pracownika oraz w stanie zdrowia jego przyszłych pokoleń.

Ocenę narażenia na hałas ultradźwiękowy przeprowadza się, porównując wyznaczone z pomiarów wartości wielkości charakteryzujące ten czynnik szkodliwy z wartościami dopuszczalnymi (Smagowska 2012).

## WYNIKI POMIARÓW I OCENY HAŁASU ULTRADŹWIĘKOWEGO NA STANOWISKACH PRACY ZGRZEWAREK ULTRADŹWIĘKOWYCH

Celem badań było określenie narażenia na hałas o częstotliwości 10 ÷ 40 kHz na wybranych jedenastu stanowiskach pracy zgrzewarek ultradźwiękowych. Do badań wybrano stanowiska pracy zgrzewarek jednogłowicowych (zgrzewarki oznaczone numerami: 1, 2 i 5) lub dwugłowicowych (pozostałe zgrzewarki). Niektóre z maszyn w przestrzeni roboczej urządzenia były wyposażone w osłony (zgrzewarki oznaczone numerami: 1, 2, 3, 4, 5 i 8). Częstotliwość pracy generatora zgrzewarek wynosiła 20 kHz i stanowiła częstotliwość znamionową zgrzewarek.

Do pomiarów parametrów charakteryzujących hałas w zakresie częstotliwości ultradźwiękowych zastosowano analizator dźwięku svan 912AE, firmy Svantek, mikrofon BK 40, firmy Grass (o średnicy 1/4") oraz kalibrator akustyczny BK typ 4230, firmy B&K. Pomiar hałasu ultradźwiękowego przeprowadzono podczas zgrzewania przewodów dla przemysłu motoryzacyjnego oraz elementów z tworzyw sztucznych do sprzętów AGD. Odległość pracownika obsługującego maszynę od źródła hałasu wynosiła, w zależności od typu urządzenia – 0,2 ÷ 0,5 m.

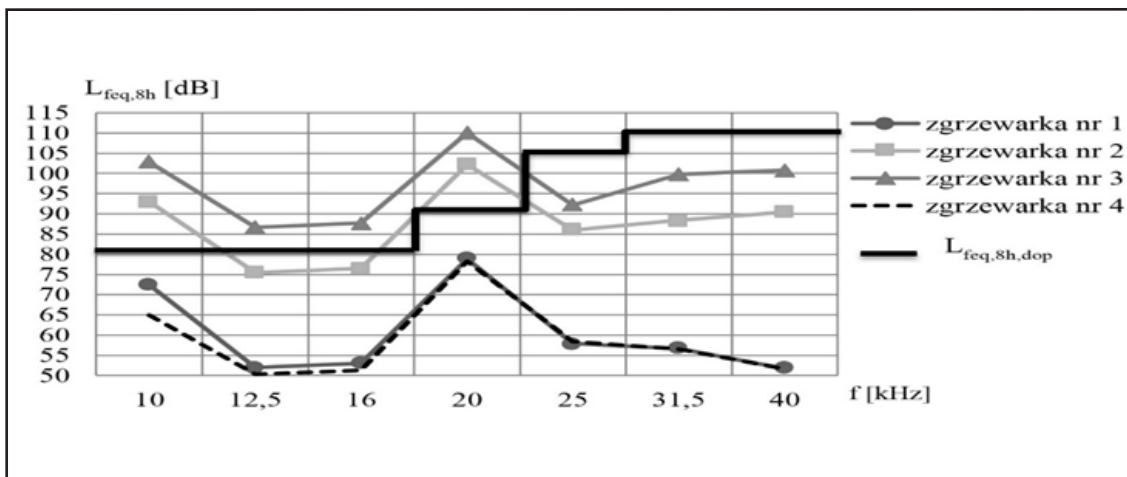
Wyniki pomiarów wielkości charakteryzujących hałas ultradźwiękowy na stanowiskach pracy zgrzewarek ultradźwiękowych zamieszczono na rysunkach 1. ÷ 5. Na podstawie otrzymanych wyników stwierdzono, że największe przekroczenia wartości NDN równoważnego i maksymalnego poziomu ciśnienia akustycznego występują w pasmie tercjowym o częstotliwości środkowej 20 kHz.

Na podstawie wyników przedstawionych

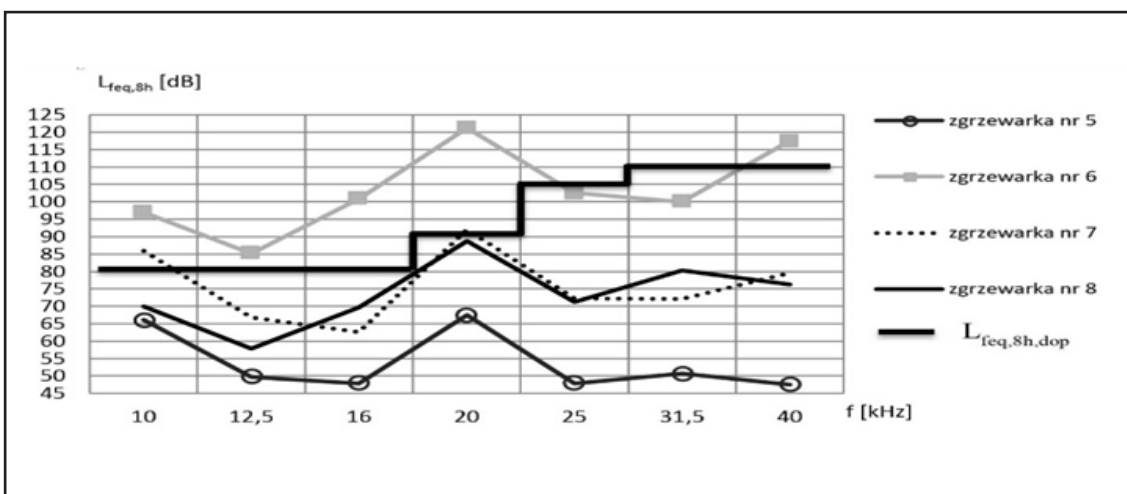
na rysunkach 1. ÷ 3. można zaobserwować, że przekroczenia wartości dopuszczanej równoważnego poziomu ciśnienia występują na stanowiskach zgrzewarek oznaczonych numerami: 2, 3, 6, 9, 10 i 11. Największe przekroczenia wartości dopuszczanej tej wielkości (o 30 dB) i wartości dopuszczanej maksymalnego poziomu ciśnienia akustycznego (o 18 dB) występują na stanowisku pracy zgrzewarki nr 6 w pasmie tercjowym o częstotliwości środkowej 20 kHz.

Na podstawie wyników maksymalnego poziomu ciśnienia zamieszczonych na rysunkach 4. i 5. można stwierdzić, że przekroczenia wartości dopuszczanej występują na wszystkich stanowiskach zgrzewarek, z wyjątkiem zgrzewarek o numerach: 1, 2, 4 i 5.

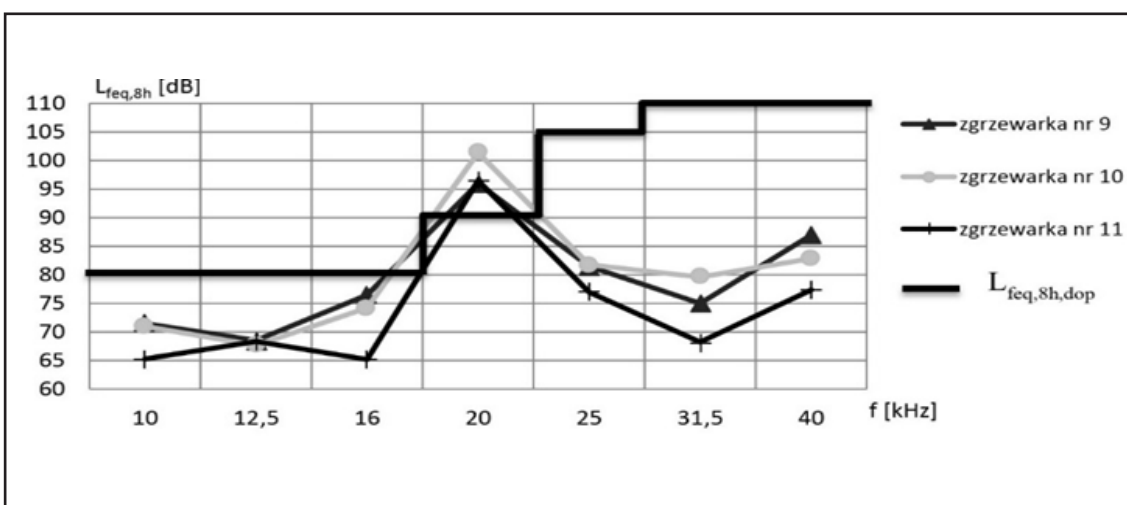
W celu porównania wyników pomiarów równoważnego poziomu ciśnienia akustycznego na stanowiskach pracy zgrzewarek ultradźwiękowych w przypadku otwartych drzwi osłony (zgrzewarki nr 2 i 3) oraz zamkniętych drzwi osłony (zgrzewarki nr 1 i 4) przedstawiono na rysunku 1. Na podstawie tych wyników można stwierdzić, że: dla zgrzewarek ultradźwiękowych w przypadku zamkniętych drzwi osłony nie występują przekroczenia wartości NDN hałasu ultradźwiękowego. Przekroczenie równoważnego i maksymalnego poziomu ciśnienia akustycznego w zakresie częstotliwości 10 ÷ 40 kHz nie występuje na stanowisku pracy dwugłowicowej zgrzewarki nr 5 podczas składania zgrzewanych elementów. Brak przekroczeń wartości NDN hałasu ultradźwiękowego na tym stanowisku wynika z zastosowania osłony w przestrzeni roboczej sonotrody.



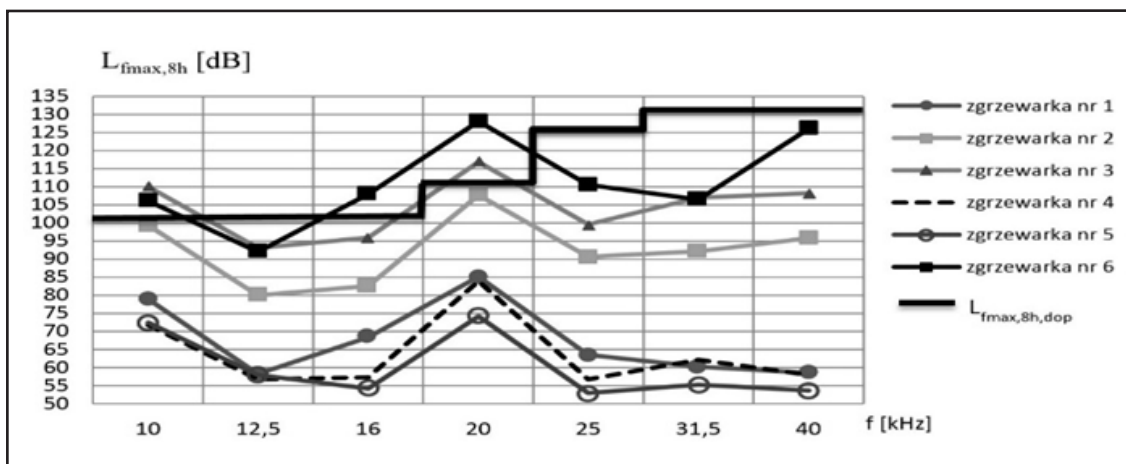
Rys. 1. Równoważny poziom ciśnienia akustycznego (SPL) na stanowiskach pracy zgrzewarek nr 1 i nr 2 (bez obudowy) oraz zgrzewarek nr 3 i nr 4 (z obudową)



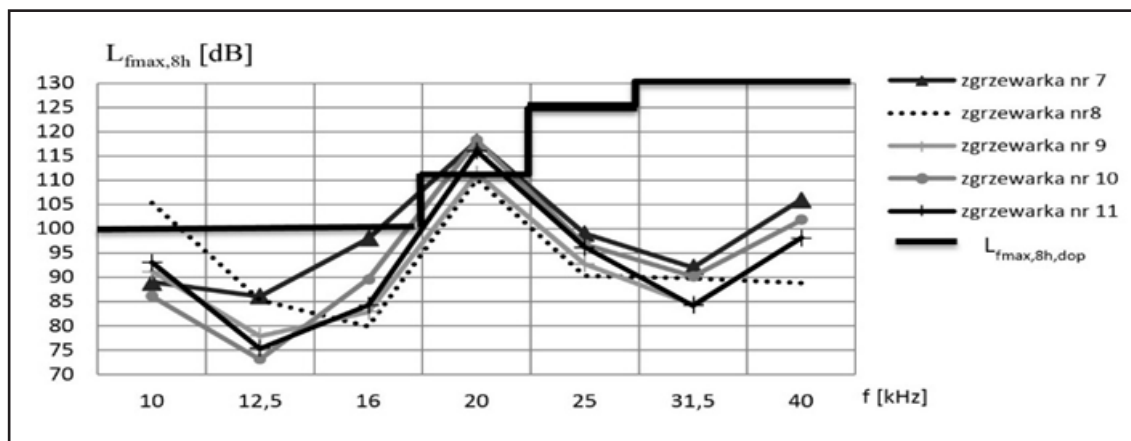
Rys. 2. Równoważny poziom ciśnienia akustycznego (SPL) na stanowiskach pracy zgrzewarek oznaczonych numerami 5 ÷ 8



Rys. 3. Równoważny poziom ciśnienia akustycznego (SPL) na stanowiskach pracy zgrzewarek oznaczonych numerami 9 ÷ 11



Rys. 4. Maksymalny poziom ciśnienia akustycznego (SPL) na stanowiskach pracy zgrzewarek oznaczonych numerami 1 ÷ 6



Rys. 5. Maksymalny poziom ciśnienia akustycznego (SPL) na stanowiskach pracy zgrzewarek oznaczonych numerami 9 ÷ 11

## SPOSOBY TECHNICZNE OGRANICZENIA NARAŻENIA NA HAŁAS ULTRADŹWIĘKOWY NA STANOWISKACH ZGRZEWAREK

W celu ograniczenia zagrożenia hałasem ultradźwiękowym na stanowiskach pracy obsługi technologicznych źródeł hałasu ultradźwiękowego, należy stosować ograniczenie emisji rozprzestrzeniania się tego hałasu. Jedną z metod tego ograniczenia są sposoby techniczne. Przykładem rozwiązań technicznych ograniczenia hałasu na stanowiskach pracy są m.in. obudowy i ekrany wyposażone niekiedy w materiały dźwiękochłonna-izolacyjne (Dobrucki i in. 2010; Pleban 2013; Smagowska 2012; 2014). W przypadku stanowisk pracy zgrzewarek ultradźwiękowych do zgrzewania przewodów elektrycznych (zgrzewarki nr 8 i nr 11) zasto-

sowano obudowę wykonaną z tworzyw sztucznych (zgrzewarka nr 11) oraz uszczelniono istniejącą obudowę (zgrzewarka nr 8).

Wyniki wielkości charakteryzujących hałas ultradźwiękowy na stanowisku pracy zgrzewarki nr 11 przed zastosowaniem i po zastosowaniu obudowy zamieszczono w tabeli 1. Na podstawie otrzymanych wartości parametrów hałasu ultradźwiękowego należy stwierdzić, że po zastosowaniu obudowy nie występuje przekroczenie wartości dopuszczalnych, zarówno równoważnego poziomu ciśnienia akustycznego, jak i maksymalnego poziomu ciśnienia akustycznego. W wyniku zastosowa-

nia obudowy poziom ciśnienia akustycznego w tj. 20 kHz obniżył się o 10,5 dB.  
roboczym pasmie częstotliwości zgrzewarki,

**Tabela 1.**  
**Wyniki pomiarów hałasu ultradźwiękowego na stanowisku pracy zgrzewarki nr 11**

Zgrzewarka	Wielkość, dB	Częstotliwość środkowa pasma tercjowego, $f$ , kHz						
		10	12,5	16	20	25	31,5	40
Bez obudowy	$L_{feq,8h}$	65,3	68,3	65,2	96,5	77,0	68,2	77,4
Z obudową	$L_{feq,8h}$	63,0	63,6	65,2	85,5	69,4	68,3	72,8
Bez obudowy	$L_{fmax}$	93,1	75,3	84,2	116,0	96,3	84,1	98,2
Z obudową	$L_{fmax}$	80,6	72,3	75,2	106,6	87,0	80,8	91,9

Objaśnienia:

$L_{feq,8h}$  – obliczony równoważny poziom ciśnienia akustycznego, w tercjowym paśmie częstotliwości,  $f$ , odniesiony do 8-godzinnego wymiaru czasu pracy, w dB.

$L_{fmax}$  – określony (zmierzony w czasie pracy) maksymalny poziom ciśnienia akustycznego, w tercjowym paśmie częstotliwości,  $f$ , w dB.

W przypadku zgrzewarki ultradźwiękowej nr 8 wyposażonej w obudowę, głównym źródłem przekroczenia maksymalnego poziomu ciśnienia akustycznego są nieszczelności obudowy (w tym otworu w przedniej ściance). W tym przypadku wewnętrzne ścianki obudowy pokryto pianką poliuretanową oraz uszczelniono otwór w przedniej ściance obudowy. Wyniki wielkości charakteryzujących hałas ultradźwiękowy na stanowisku pracy zgrzewarki przed zastosowaniem uszczelnienia i po zastosowaniu uszczelnienia ścianek obudowy za-

mieszczono w tabeli 2. Na podstawie otrzymanych wartości SPL hałasu ultradźwiękowego należy stwierdzić, że po uszczelnieniu obudowy na stanowisku pracy zgrzewarki nr 8 nie obserwowano przekroczeń wartości dopuszczalnych zarówno równoważnego poziomu ciśnienia akustycznego, jak i maksymalnego poziomu ciśnienia akustycznego. Uszczelnienie obudowy spowodowało obniżenie maksymalnego poziomu ciśnienia akustycznego w roboczym paśmie częstotliwości zgrzewarki, tj. 20 kHz o 7 dB.

**Tabela 2.**  
**Wyniki pomiarów hałasu ultradźwiękowego na stanowisku pracy zgrzewarki nr 8**

Zgrzewarka	Wielkość, dB	Częstotliwość środkowa pasma tercjowego, $f$ , kHz						
		10	12,5	16	20	25	31,5	40
Przed uszczelnieniem	$L_{feq,8h}$	69,9	57,8	69,7	88,7	71,3	80,3	76,3
Po uszczelnieniu	$L_{feq,8h}$	65,4	62,5	64,0	84,8	68,9	67,4	72,0
Przed uszczelnieniem	$L_{fmax}$	91,3	77,8	82,9	111,3	92,7	84,4	98,1
Po uszczelnieniu	$L_{fmax}$	89,2	73,7	85,8	104,2	87	96,7	95,5

Objaśnienia:

$L_{feq,8h}$  – obliczony równoważny poziom ciśnienia akustycznego, w tercjowym paśmie częstotliwości,  $f$ , odniesiony do 8-godzinnego wymiaru czasu pracy, w dB.

$L_{feq,8h}$  – dopuszczalny równoważny poziom ciśnienia akustycznego, w tercjowym paśmie częstotliwości,  $f$ , odniesiony do 8-godzinnego wymiaru czasu pracy, w dB.

$L_{fmax}$  – określony (zmierzony w czasie pracy) maksymalny poziom ciśnienia akustycznego, w tercjowym paśmie częstotliwości,  $f$ , w dB.

$L_{fmax}$  – dopuszczalny maksymalny poziom ciśnienia akustycznego, w tercjowym paśmie częstotliwości,  $f$ , w dB.

## PODSUMOWANIE

Przyczyna przekroczeń wartości najwyższego dopuszczalnego natężenia (NDN) hałasu ultradźwiękowego badanych zgrzewarek ultradźwiękowych wynika z braku zabezpieczeń (osłon), głównie sonotrody i przestrzeni roboczej wokół niej, a także bliskiej odległości pracownika od maszyny (30 ÷ 50 cm). Zastosowanie obudowy na stanowisku pracy zgrzewarki oraz uszczelnienie istniejącej obudowy w innej zgrzewarce ograniczyło emisję hałasu ultradźwiękowego na stanowiskach obsługi, a tym samym zmniejszyło narażenie pracowników na ten szkodliwy czynnik.

W przypadku stanowiska pracy operatora zgrzewarki ultradźwiękowej bez obudowy istnieje ryzyko przekroczenia wartości NDN hałasu ultradźwiękowego. Pracownik obsługujący takie urządzenie powinien bezwzględnie stosować indywidualne ochronniki słuchu, a w przypadku obsługi zgrzewarek ultradźwiękowych, kiedy jest możliwy kontakt operatora ze zgrzewanym elementem i odległość głowy pracownika od urządzenia jest mała, wówczas

należy stosować, oprócz ochronników słuchu, także rękawice ochronne. W sytuacji zastosowania oprzyrządowania mocującego zgrzewany element, operator powinien trzymać ręce jak najdalej od zgrzewanego elementu.

Stanowiska pracy zlokalizowane w pobliżu zgrzewarek, gdzie występują przekroczenia wartości NDN hałasu ultradźwiękowego, powinny być ekranowane przegrodami dźwiękochłonnymi.

Zgrzewarki ultradźwiękowe należy usytuować jak najdalej od ścian i innych powierzchni odbijających dźwięki, a pomieszczenia, w których te maszyny się znajdują, powinny być oznakowane w celu ochrony innych pracowników przed występującym hałasem.

Pracownicy obsługujący zgrzewarki ultradźwiękowe powinni odbywać szkolenia w zakresie poprawnego i bezpiecznego ich stosowania, a także powinni być informowani o istniejących zagrożeniach dla zdrowia podczas prac z tymi urządzeniami.

## PIŚMIENNICTWO

- Dobrucki A., Żółtogórski B., Pruchnicki P., Bolejko R.* (2010) Sound-absorbing and insulating enclosures for ultrasonic range. *Archives of Acoustics* 35 (2), 157–164.
- Pawlaczyk-Luszczynska M.* (1999) Hałas słyszalny, infradźwięki i ultradźwięki [W:] *Higiena pracy*. [Red.] J. Indulski. T. II. Łódź, Instytut Medycyny Pracy.
- Koton J.* (1986) *Ultradźwięki*. Warszawa, Instytut Wydawniczy Związków Zawodowych.
- Matusiak J., Szłapa P., Wyciślik J.* (2013) Hałas słyszalny i ultradźwiękowy przy zgrzewaniu ultradźwiękowym metali. *Przegląd Spawalnictwa* 10, 52–60.
- Pawlaczyk-Luszczynska M., Koton J., Augustyńska D.* (2001) Hałas ultradźwiękowy. Procedura pomiarowa. *Podstawy i Metody Oceny Środowiska Pracy* 28(2), 89–95.
- Pawlaczyk-Luszczynska M., Dudarewicz A., Śliwińska-Kowalska M.* (2007) Źródła ekspozycji zawodowej na hałas ultradźwiękowy – ocena wybranych urządzeń. *Medycyna Pracy* 58(2), 105–116.
- Pleban D.* (2013) Method of testing of sound absorption properties of materials intended for ultrasonic noise protection. *Archives of Acoustics* 38(2), 191–195.
- PN-N-18002: 2001 Systemy zarządzania bezpieczeństwem i higieną pracy – Ogólne wytyczne do oceny ryzyka zawodowego.
- Radosz J.* (2012) Methodology issues of ultrasonic noise exposure assessment. *Noise Control Eng. J.* 60 (6), 645–654.
- Radosz J.* (2014) Uncertainty due to instrumentation for sound pressure level measurement in high frequency range. *Noise Control Eng. J.* 62 (4), 186–195.
- Radosz J.* (2015) Procedura pomiaru hałasu ultradźwiękowego. *Podstawy i Metody Oceny Środowiska*



Pracy 4(86), 169–190.

*Smagowska B.* (2013) Ultrasonic noise sources in the work environment. *Archives of Acoustics* 38(2), 169–176.

*Smagowska B., Pawlaczyk-Łuszczynska M.* (2013) Effects of action of ultrasonic noise on the human body – a bibliographic review. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics* 19(2), 195–202.

*Smagowska B.* (2012) Profilaktyka narażenia na hałas ultradźwiękowy w środowisku pracy. *Podstawy i Metody Oceny Środowiska Pracy* 2(72), 5–7.

*Smagowska B., Mikulski W., Jakubowska I.* (2014) Materiały dźwiękochłonne do stosowania w ochronach zbiorowych w zakresie hałasu ultradźwiękowego – wyniki badań własnych. *Bezpieczeństwo Pracy. Nauka i Praktyka* 5, 24–26.

*Śliwiński A.* (2001) *Ultradźwięki i ich zastosowania*. Warszawa, WNT.

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. *DzU* 2014, poz. 817.