

Małgorzata Pawlaczyk-Łuszczynska

Adam Dudarewicz

Mariola Śliwińska-Kowalska

ŹRÓDŁA EKSPOZYCJI ZAWODOWEJ NA HAŁAS ULTRADŹWIĘKOWY — OCENA WYBRANYCH URZĄDZEŃ

SOURCES OF OCCUPATIONAL EXPOSURE TO ULTRASONIC NOISE

Zakład Zagrożeń Fizycznych

Instytut Medycyny Pracy, im. prof. J. Nofera, Łódź

STRESZCZENIE

Wstęp: Hałas ultradźwiękowy to hałas, w którego widmie występują składowe o wysokich częstotliwościach słyszalnych i niskich ultradźwiękowych (od 10 kHz do 40 kHz). Dane literaturowe wskazują, że ten rodzaj hałasu działa szkodliwie na narząd słuchu i układ przedsionkowy. Celem pracy była ocena stopnia narażenia na hałas ultradźwiękowy w środowisku pracy oraz identyfikacja jego najistotniejszych źródeł. **Materiał i metody:** Przeprowadzono pomiary hałasu ultradźwiękowego emitowanego przez wybrane ultradźwiękowe urządzenia technologiczne niskich częstotliwości oraz szlifierki, pilarki, strugarki, klucze pneumatyczne, palniki acetylenowo-tlenowe itp. Badaniami objęto 233 stanowiska pracy związane z obsługą wymienionych maszyn i urządzeń. Pomiary wykonano w standardowych warunkach pracy z uwzględnieniem zaleceń normy PN-ISO 9612:2004. **Wyniki:** Równoważne poziomy ciśnienie akustycznych w pasmach tercjowych z przedziału częstotliwości 10-25 kHz (sporadycznie do 40 kHz), występujące na badanych stanowiskach pracy, przekraczały dopuszczalne wartości w odniesieniu do ekspozycji 8-godzinnej (NDN hałasu ultradźwiękowego) we wszystkich rozpatrywanych przypadkach ultradźwiękowych maszyn do obróbki tkanin i gilotyn, a także w 75% szlifierek, 59,5% zgrzewarek ultradźwiękowych, 42,9% myjek ultradźwiękowych oraz 28,6% pilarek i strugarek. W większości (83,3%) badanych maszyn do obróbki tkanin i znacznej części (33,5%) zgrzewarek obserwowano również przekroczenia dopuszczalnych wartości maksymalnych poziomów ciśnienia akustycznych w pasmach tercjowych (NDN). **Wnioski:** Uzyskane wyniki wskazują, że najistotniejszymi źródłami ekspozycji zawodowej na hałas ultradźwiękowy są ultradźwiękowe zgrzewarki i maszyny do obróbki tkanin. Med. Pr. 2007;58(2):105–116

Słowa kluczowe: hałas ultradźwiękowy, ultradźwięki powietrzne niskich częstotliwości, źródła ekspozycji zawodowej, pomiary hałasu, ocena narażenia

ABSTRACT

Background: Ultrasonic noise is defined as broadband noise containing high audible and low ultrasonic frequencies (from 10 kHz to 40 kHz). According to the most advanced knowledge, this type of noise exerts adverse effects on the hearing organ and the vestibular system. The aim of the study was to evaluate exposure to ultrasonic noise in occupational settings and to identify its essential sources. **Materials and Methods:** The measurements of ultrasonic noise emitted by selected so called low frequency ultrasonic technological devices as well as grinders, circular saws, planers and processes, such as plasma-arc welding and air-acetylene welding, and others, were performed. The study concerned 233 workplaces, where the operators were supposed to be exposed to ultrasonic noise. The measurements were made under typical conditions of work and with reference to Polish standard PN-ISO 9612:2004. **Results:** The sound pressure levels in the 1/3-octave bands from 10 kHz to 25 kHz (sometimes up to 40 kHz) occurring at workplaces exceeded the admissible values for 8-h exposure (maximum admissible intensity (MAI) values for ultrasonic noise) in all investigated cases of ultrasonic lace sewing machines and cutters as well as in 75% of grinders, 59.5% of ultrasonic welders, 42.9% of ultrasonic washers, and 28.6% of saws and planers. Moreover, in the majority (83.3%) of ultrasonic lace sewing machines and in a large part (33.5%) of welders, the recorded sound levels exceeded the admissible values of maximum sound pressure levels (MAI) in 1/3-octave bands. **Conclusions:** Our results indicate that ultrasonic welders and lace sewing machines are the major sources of occupational exposure to ultrasonic noise. Med Pr 2007;58(2):105–116

Key words: ultrasonic noise, low frequency air-borne ultrasound, sources of occupational exposure, noise measurements, exposure assessment

Adres autorów: ul. św. Teresy 8, 91-348 Łódź, e-mail: mpawlusz@imp.lodz.pl

Nadesłano: 21.02.2007

Zatwierdzono: 27.03.2007



WSTĘP

Ultradźwięki to drgania akustyczne z przedziału częstotliwości od 16 kHz do 10 GHz, rozchodzące się w ośrodkach sprężystych w postaci fal. W zależności od częstotliwości różne są nie tylko metody ich generowania, ale również sposoby wykorzystania i mechanizmy oddziaływania na organizmy żywe, stąd podział na ultradźwięki niskich (poniżej 100 kHz) i wysokich częstotliwości (powyżej 100 kHz) (1). Ultradźwięki niskich częstotliwości rozchodzące się w powietrzu (ultradźwięki powietrzne) wraz z dźwiękami o wysokich częstotliwościach słyszalnych (powyżej 10 kHz) przyjęto nazywać hałasem ultradźwiękowym (2).

Zainteresowanie wpływem ultradźwięków powietrznych na organizm człowieka rozpoczęło się w latach 40. i 50. wraz z wprowadzeniem do przemysłu urządzeń wykorzystujących energię ultradźwięków niskich częstotliwości. Pojawiły się wówczas prace opisujące występowanie u personelu obsługującego tego typu urządzenia objawów takich, jak: bóle i zawroty głowy, nadmierne zmęczenie i osłabienie, nudności, wymioty, uczucie pełności w uszach oraz zaburzenia koordynacji nerwowo-mięśniowej. W okresie tym zaczęto używać terminu 'choroba ultradźwiękowa', niestosowanego później, obejmując nim zespół wyżej wymienionych objawów świadczących o zaburzeniach czynności układu wegetatywnego (1).

Zainteresowanie skutkami działania ultradźwięków powietrznych niskich częstotliwości trwało praktycznie do połowy lat 80. W późniejszym okresie zagadnieniu temu poświęcano niewiele uwagi (1,3–12).

Dostępne dane literaturowe wskazują, że hałas ultradźwiękowy może działać szkodliwie na narząd słuchu, a także wpływać ujemnie na układ przedsionkowy, czego objawem mogą być bóle i zawroty głowy, zaburzenia równowagi i nudności. Co więcej, badania oddziaływań pozasłuchowych wykazały, że ekspozycja na hałas ultradźwiękowy o poziomach powyżej 80 dB w zakresie wysokich częstotliwości słyszalnych i powyżej 100 dB w przedziale niskich częstotliwości ultradźwiękowych wywołuje zmiany o charakterze wegetatywnym (1,3–12).

Pierwsze propozycje normatywów higienicznych odnoszących się do ekspozycji zawodowej na ultradźwięki powietrzne niskich częstotliwości zostały przygotowane na przełomie lat 60. i 70. (1,3). W Polsce nieco później rozpoczęto badania dotyczące podstaw normowania hałasu ultradźwiękowego (4–6). Wprawdzie już w 1977 r. opracowano wstępne propozycje wartości dopuszczalnych (14), ale dopiero w 1989 r. hałas ultradźwiękowy

znalazł się w wykazie wartości najwyższych dopuszczalnych natężeń (NDN) czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy (15). W 2001 r. miała miejsce nowelizacja wartości NDN hałasu ultradźwiękowego (16), a wprowadzone wówczas zmiany obowiązują do dziś (17) (tab. 1).

Jak dotąd Unia Europejska nie posiada specjalnych regulacji prawnych dotyczących kontroli narażenia na ultradźwięki powietrzne niskich częstotliwości w środowisku pracy. Przepisy takie są jednak stosowane w niektórych krajach europejskich (np. Szwecji), a także w USA, Kanadzie, Rosji i Japonii (1,10,11,18,19).

Mimo że od kilkunastu lat hałas ultradźwiękowy znajduje się w wykazie szkodliwych czynników fizycznych, to tylko nieliczne placówki przeprowadzają jego badania na stanowiskach pracy. Jest to po części spowodowane ograniczoną dostępnością względnie taniej specjalistycznej aparatury badawczej, a także trudnościami pomiarowymi wynikającymi ze specyfiki propagacji fal ultradźwiękowych w powietrzu.

W związku z tym, że nie maleje zainteresowanie wykorzystaniem w technice i medycynie technologii opartych na ultradźwiękach niskich częstotliwości, co więcej — w przemyśle stosowanych jest również wiele

Tabela 1. Najwyższe dopuszczalne natężenia (NDN) hałasu ultradźwiękowego wg Rozporządzenia 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 wraz z późniejszymi zmianami (17)
Table 1. Maximum admissible intensity (MAI) values for ultrasonic noise according to the decree issued by the Minister of Labour and Social Policy of November 29, 2002 on maximum admissible concentration and maximum admissible intensity values for agents harmful to human health in the work environment, with later amendments (17)

Częstotliwość środkowa pasm tercjowych, f 1/3-octave band frequency, f [kHz]	Równoważny poziom ciśnienia akustycznego w pasmach tercjowych odniesiony do 8-godzinnego dobowego wymiaru czasu pracy lub tygodnia pracy, $L_{f\text{ eq, 8h, dop}}$ or $L_{f\text{ eq,w, dop}}$ Equivalent-continuous sound pressure levels in 1/3-octave bands, normalized levels normalized to a nominal 8-hour working day or 40-hour working week, $L_{f\text{ eq, 8h, dop}}$ or $L_{f\text{ eq,w, dop}}$ [dB]	Maksymalny poziom ciśnienia akustycznego w pasmach tercjowych, $L_{f\text{ max, dop}}$ Maximum sound pressure levels in 1/3-octave bands, $L_{f\text{ max dop}}$ [dB]
10; 12,5; 16	80	100
20	90	110
25	105	125
31,5; 40	110	130



maszyn i urządzeń generujących w sposób niezamierzony hałas z zakresu częstotliwości 10–40 kHz, celem pracy była ocena stopnia narażenia na hałas ultradźwiękowy w środowisku pracy oraz identyfikacja jego najistotniejszych źródeł.

MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Przeprowadzono pomiary hałasu ultradźwiękowego emitowanego przez wybrane maszyny i urządzenia. Badaniami objęto przede wszystkim ultradźwiękowe urządzenia technologiczne niskich częstotliwości, generujące w sposób zamierzony drgania ultradźwiękowe w celu realizacji, przyspieszenia lub usprawniania złożonych procesów technologicznych, a także maszyny emitujące hałas ultradźwiękowy w sposób niezamierzony, np. w wyniku przepływu lub wypływu sprężonych gazów lub dużych prędkości obrotowych elementów składowych.

W standardowych warunkach ich użytkowania przeprowadzono na stanowiskach pracy pomiary równoważnego i maksymalnego poziomu ciśnienia akustycznego w pasmach tercjowych o częstotliwościach środkowych z przedziału od 10 kHz do 80 kHz ($L_{f_{eq, Te}}$ i $L_{f_{i max}}$), stanowiące podstawę oceny ekspozycji zawodowej na hałas ultradźwiękowy.

W części rozpatrywanych źródeł hałasu, tj. w przypadku wybranych technologicznych urządzeń ultradźwiękowych, punkty pomiarowe usytuowano nie tylko bezpośrednio na stanowiskach pracy, w pobliżu uszu pracowników, lecz również w dalszej lub bliższej odległości od sonotrod lub innych układów generujących ultradźwięki (np. rzędu 0,25–2 m w przypadku zgrzewarek i maszyn do obróbki tkanin lub 0,25–5 m w przypadku myjek, gilotyny lub urządzeń do odstraszania gryzoni lub psów).

Metodyka pomiarów uwzględniała zalecenia Polskiej Normy PN-ISO 9612:2004 oraz procedury pomiarowej, opublikowanej w Kwartalniku Międzyresortowej Komisji ds. Najwyższych Dopuszczalnych Stężeń i Natężeń Czynników Szkodliwych dla Zdrowia w Środowisku Pracy (20,21).

Do pomiarów stosowano dwa zestawy przyrządów pomiarowych:

1. Zestaw składający się z mikrofonu pomiarowego typu 4135, modularnego miernika poziomu dźwięku typu 2231, magnetofonu pomiarowego typu 7005 oraz analizatora częstotliwości typu 2131 z jednostką rozszerzającą typu 5765, całość firmy Bruel & Kjaer (B&K) (zakres analizy widmowej ograniczony do pasm tercjowych ≤ 50 kHz).

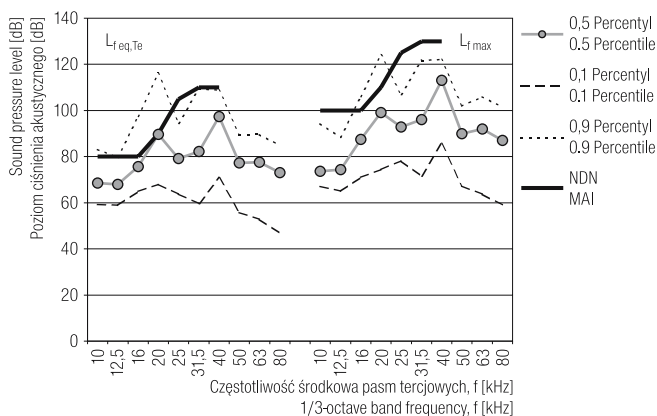
2. Zestaw złożony z mikrofonu pomiarowego typu 4938, przedwzmacniacza mikrofonowego typu 2639 oraz analizatora częstotliwości typu 2131 wraz z jednostką rozszerzającą typu 5765, całość firmy B&K.

Podstawą oceny warunków akustycznych w otoczeniu badanych urządzeń były wartości NDN hałasu ultradźwiękowego (17).

WYNIKI

Badaniami objęto 207 maszyn i urządzeń emitujących hałas ultradźwiękowy. Najliczniejszą grupę wśród rozpatrywanych urządzeń stanowiły zgrzewarki ultradźwiękowe (75,4% przypadków). Mniej licznie reprezentowane były ultradźwiękowe maszyny do obróbki tkanin (7,2%), szlifierki (3,9%), procesy spawania, cięcia plazmą i palnikiem acetylenowo-tlenowym (3,4%), pilarki i strugarki (3,4%), ultradźwiękowe urządzenia do odstraszania gryzoni i insektów lub psów (2,4%), myjki ultradźwiękowe (1,9%), ultradźwiękowe gilotyny (1,0%) oraz inne urządzenia (1,4%), w tym zakrętaraki elektryczne, klucze pneumatyczne i urządzenia do czyszczenia detali sprężonym powietrzem itp.

Wyniki pomiarów hałasu ultradźwiękowego na 233 stanowiskach pracy związanych z obsługą ww. maszyn i urządzeń przedstawiono w tabeli 2. i na rycinach 1.–8. Rezultaty oceny narażenia z uwzględnieniem rzeczywistych czasów ekspozycji na hałas ultradźwiękowy zebrano w tabeli 3. i pokazano na rycinie 9.



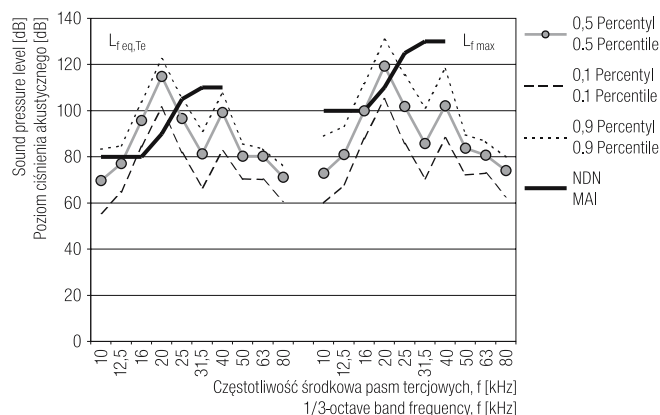
$L_{f_{eq, Te}}/L_{f_{i max}}$ — równoważne/maksymalne poziomy ciśnienia akustycznego w pasmach tercjowych z przedziału 10–80 kHz, NDN — wartości najwyższych dopuszczalnych natężeń hałasu ultradźwiękowego (17).

$L_{f_{eq, Te}}/L_{f_{i max}}$ — equivalent-continuous/maximum sound pressure levels in 1/3-octave bands in the 10–80 kHz frequency range, MAI — maximum admissible values for ultrasonic noise (17).

Ryc. 1. Hałas ultradźwiękowy emitowany przez zgrzewarki ultradźwiękowe — zakresy mierzonego poziomu ciśnienia akustycznego na stanowiskach pracy.

Fig. 1. Ultrasonic noise generated by ultrasonic welders — ranges of measured sound pressure levels at workplaces.



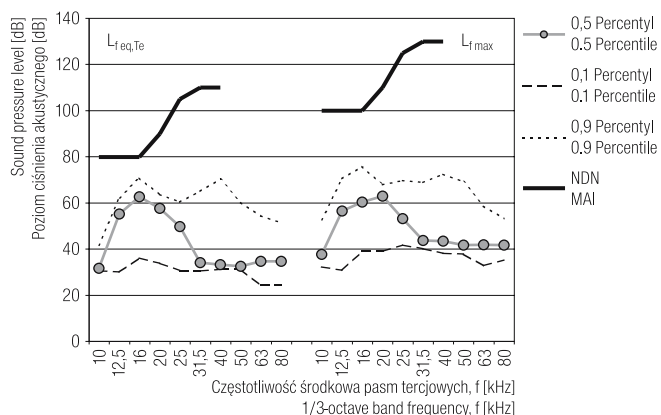


$L_{f,eq,Te}/L_{f,max}$ — równoważne/maksymalne poziomy ciśnienia akustycznego w pasmach tercjowych z przedziału 10–80 kHz, NDN — wartości najwyższych dopuszczalnych natężeń hałasu ultradźwiękowego (17).

$L_{f,eq,Te}/L_{f,max}$ — equivalent-continuous/maximum sound pressure levels in 1/3-octave bands in the 10–80 kHz frequency range, MAI — maximum admissible values for ultrasonic noise (17).

Ryc. 2. Hałas ultradźwiękowy emitowany przez ultradźwiękowe maszyny do obróbki tkanin — zakresy mierzonych poziomów ciśnienia akustycznego na stanowiskach pracy.

Fig. 2. Ultrasonic noise generated by ultrasonic lace sewing machines — ranges of measured sound pressure levels at workplaces.

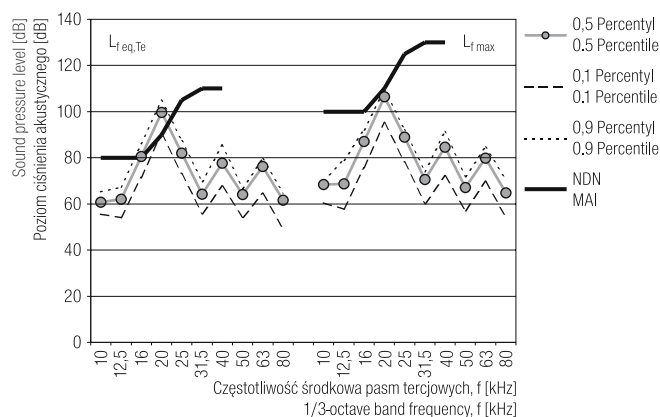


$L_{f,eq,Te}/L_{f,max}$ — równoważne/maksymalne poziomy ciśnienia akustycznego w pasmach tercjowych z przedziału 10–80 kHz, NDN — wartości najwyższych dopuszczalnych natężeń hałasu ultradźwiękowego (17).

$L_{f,eq,Te}/L_{f,max}$ — equivalent-continuous/maximum sound pressure levels in 1/3-octave bands in the 10–80 kHz frequency range, MAI — maximum admissible values for ultrasonic noise (17).

Ryc. 4. Hałas ultradźwiękowy emitowany przez ultradźwiękowe urządzenia do odstraszenia gryzoni, insektów lub psów — zakresy mierzonych poziomów ciśnienia akustycznego na stanowiskach pracy.

Fig. 4. Ultrasonic noise generated by ultrasonic devices used to repel rodents, insects and dogs — ranges of measured sound pressure levels at workplaces.

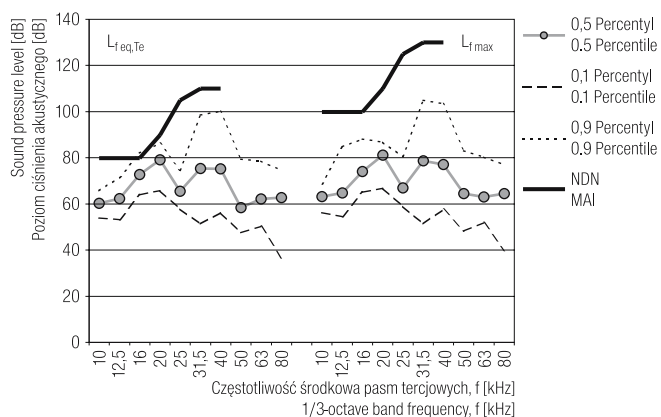


$L_{f,eq,Te}/L_{f,max}$ — równoważne/maksymalne poziomy ciśnienia akustycznego w pasmach tercjowych z przedziału 10–80 kHz, NDN — wartości najwyższych dopuszczalnych natężeń hałasu ultradźwiękowego (17).

$L_{f,eq,Te}/L_{f,max}$ — equivalent-continuous/maximum sound pressure levels in 1/3-octave bands in the 10–80 kHz frequency range, MAI — maximum admissible values for ultrasonic noise (17).

Ryc. 3. Hałas ultradźwiękowy emitowany przez ultradźwiękowe gilotyny — zakresy mierzonych poziomów ciśnienia akustycznego na stanowiskach pracy.

Fig. 3. Ultrasonic noise generated by ultrasonic cutters — ranges of measured sound pressure levels at workplaces.



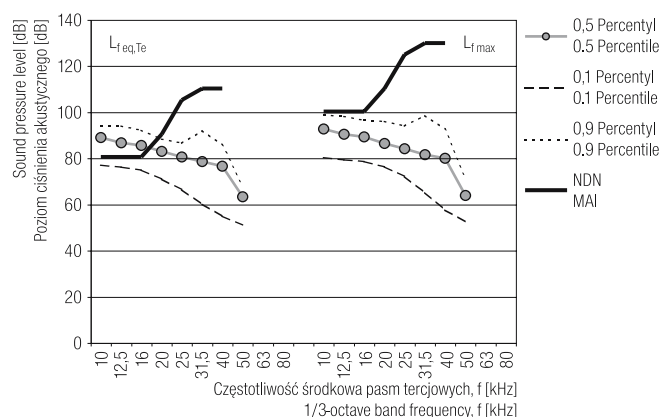
$L_{f,eq,Te}/L_{f,max}$ — równoważne/maksymalne poziomy ciśnienia akustycznego w pasmach tercjowych z przedziału 10–80 kHz, NDN — wartości najwyższych dopuszczalnych natężeń hałasu ultradźwiękowego (17).

$L_{f,eq,Te}/L_{f,max}$ — equivalent-continuous/maximum sound pressure levels in 1/3-octave bands in the 10–80 kHz frequency range, MAI — maximum admissible values for ultrasonic noise (17).

Ryc. 5. Hałas ultradźwiękowy emitowany przez myjki ultradźwiękowe — zakresy mierzonych poziomów ciśnienia akustycznego na stanowiskach pracy.

Fig. 5. Ultrasonic noise generated by ultrasonic washers — ranges of measured sound pressure levels at workplaces.



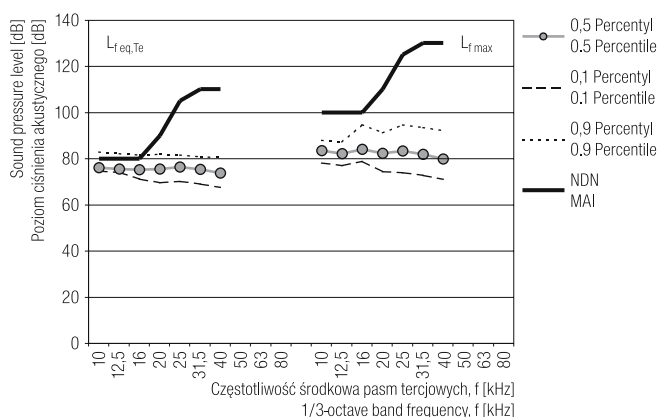


$L_{f\text{eq,Te}}/L_{f\text{max}}$ — równoważne/maksymalne poziomy ciśnienia akustycznego w pasmach tercyjnych z przedziału 10–50 kHz, NDN — wartości najwyższych dopuszczalnych natężeń hałasu ultradźwiękowego (17).

$L_{f\text{eq,Te}}/L_{f\text{max}}$ — equivalent-continuous/maximum sound pressure levels in 1/3-octave bands in the 10–50 kHz frequency range, MAI — maximum admissible values for ultrasonic noise (17).

Ryc. 6. Hałas ultradźwiękowy emitowany przez szlifierki elektryczne i pneumatyczne — zakresy mierzonych poziomów ciśnienia akustycznego na stanowiskach pracy.

Fig. 6. Ultrasonic noise generated by grinders — ranges of measured sound pressure levels at workplaces.

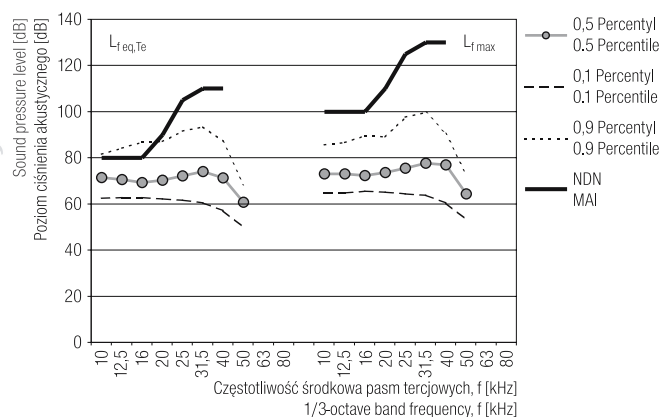


$L_{f\text{eq,Te}}/L_{f\text{max}}$ — równoważne/maksymalne poziomy ciśnienia akustycznego w pasmach tercyjnych z przedziału 10–40 kHz, NDN — wartości najwyższych dopuszczalnych natężeń hałasu ultradźwiękowego (17).

$L_{f\text{eq,Te}}/L_{f\text{max}}$ — equivalent-continuous/maximum sound pressure levels in 1/3-octave bands in the 10–40 kHz frequency range, MAI — maximum admissible values for ultrasonic noise (17).

Ryc. 8. Hałas ultradźwiękowy emitowany przez piły tarczowe i strugarki — zakresy mierzonych poziomów ciśnienia akustycznego na stanowiskach pracy.

Fig. 8. Ultrasonic noise generated by circular saws and planers — ranges of measured sound pressure levels at workplaces.

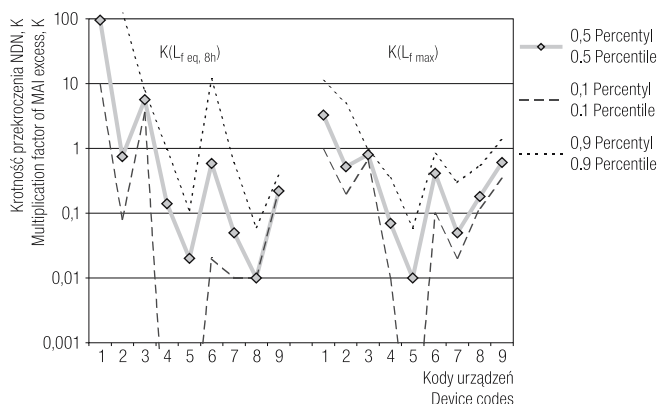


$L_{f\text{eq,Te}}/L_{f\text{max}}$ — równoważne/maksymalne poziomy ciśnienia akustycznego w pasmach tercyjnych z przedziału 10–50 kHz, NDN — wartości najwyższych dopuszczalnych natężeń hałasu ultradźwiękowego (17).

$L_{f\text{eq,Te}}/L_{f\text{max}}$ — equivalent-continuous/maximum sound pressure levels in 1/3-octave bands in the 10–50 kHz frequency range, MAI — maximum admissible values for ultrasonic noise (17).

Ryc. 7. Hałas ultradźwiękowy emitowany podczas procesów spawania, cięcia plazmą itp. — zakresy mierzonych poziomów ciśnienia akustycznego na stanowiskach pracy.

Fig. 7. Ultrasonic noise occurring during welding processes, plasma-arc cutting, and others — ranges of measured sound pressure levels at workplaces.



$K(L_{f\text{eq,8h}})$ — krotności przekroczeń wartości dopuszczalnych równoważnych poziomów ciśnienia akustycznego w pasmach tercyjnych 10–40 kHz odniesionych do 8-godzinnego dobowego wymiaru czasu pracy, $K(L_{f\text{max}})$ — krotności przekroczeń wartości dopuszczalnych maksymalnych poziomów ciśnienia akustycznego w pasmach tercyjnych 10–40 kHz.

Kody urządzeń: 1 — ultradźwiękowe maszyny do obróbki tkanin, 2 — zgrzewarki ultradźwiękowe, 3 — gilotyny ultradźwiękowe, 4 — myjki ultradźwiękowe, 5 — ultradźwiękowe urządzenia do odstraszania gryzoni, insektów lub psów, 6 — szlifierki, 7 — procesy spawania i cięcia plazmą lub palnikiem acetylenowo-tlenowym, 8 — pilarki i strugarki, 9 — inne urządzenia.

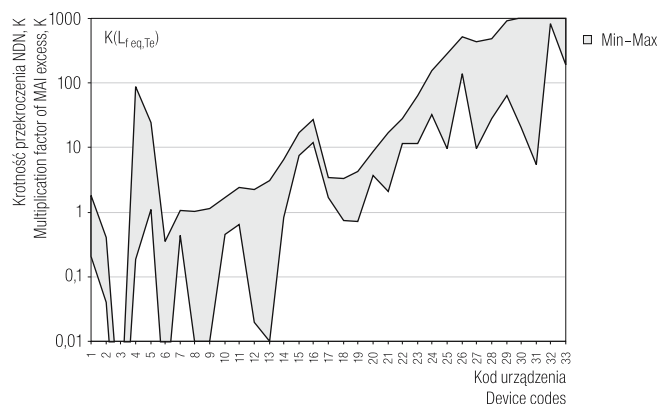
$K(L_{f\text{eq,8h}})$ — multiplication factors of excesses of admissible values of equivalent-continuous sound pressure levels in 1/3-octave bands in the 10–40 kHz frequency range normalised to a nominal 8-hour working day, $K(L_{f\text{max}})$ — multiplication factors of excesses of admissible values of maximum sound pressure levels in 1/3-octave bands in the 10–40 kHz frequency range.

Device codes: 1 — ultrasonic lace sewing machines, 2 — ultrasonic welders, 3 — ultrasonic cutters, 4 — ultrasonic devices used to repel rodents, insects and dogs, 5 — ultrasonic devices used to repel rodents, insects and dogs, 6 — grinders, 7 — welding processes, plasma-arc cutting, etc., 8 — circular saws and planers, 9 — other devices.

Ryc. 9. Wyniki oceny narażenia na hałas ultradźwiękowy na stanowiskach pracy — stwierdzone krotności przekroczeń wartości najwyższych dopuszczalnych natężeń (NDN).

Fig. 9. Evaluation of exposure to ultrasonic noise at workplaces — multiplication factors of excesses of maximum admissible intensity values (MAI).

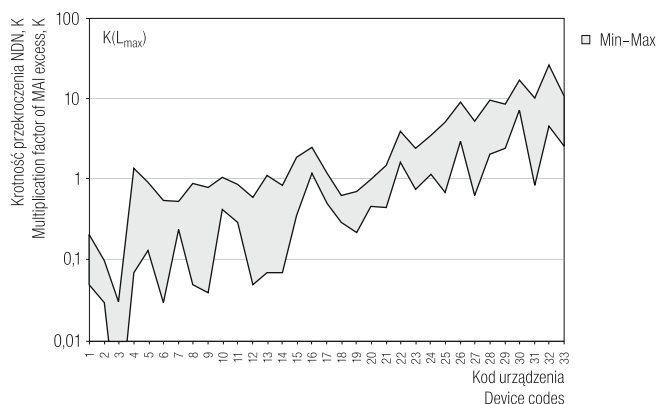




Kody urządzeń: 1÷2 — myjki, 3÷4 — ultradźwiękowe urządzenia do odstraszania gryzoni, insektów lub psów, 5 — gilotyna, 6÷31 — zgrzewarki, 32÷33 — maszyny do obróbki tkanin.
Device codes: 1÷2 — washers, 3÷4 — devices used to repel rodents, insects and dogs, 5 — cutter, 6÷31 — welders, 32÷33 — lace sewing machines.

Ryc. 10. Zakresy równoważnych poziomów ciśnień akustycznych w pasmach tercjowych 10–40 kHz ($L_{f eq, Te}$) występujących w otoczeniu wybranych 33 technologicznych urządzeń ultradźwiękowych niskich częstotliwości — krotności przekroczeń wartości dopuszczalnych w odniesieniu do ekspozycji 8-godzinnej (NDN) — $K(L_{f eq, Te})$.

Fig. 10. Ranges of equivalent-continuous sound pressure levels in 1/3-octave bands 10–40 kHz, ($L_{f eq, Te}$) occurring in the vicinity of selected 33 so called low frequency ultrasonic technological devices — multiplication factors of excesses of admissible values for 8-h exposure (MAI) — $K(L_{f eq, Te})$.



Kody urządzeń: 1÷2 — myjki, 3÷4 — ultradźwiękowe urządzenia do odstraszania gryzoni, insektów i psów, 5 — gilotyna, 6÷31 — zgrzewarki, 32÷33 — maszyny do obróbki tkanin.
Device codes: 1÷2 — washers, 3÷4 — devices used to repel rodents, insects and dogs, 5 — cutter, 6÷31 — welders, 32÷33 — lace sewing machines.

Ryc. 11. Zakresy maksymalnych poziomów ciśnień akustycznych w pasmach tercjowych 10–40 kHz ($L_{f max}$) występujących w otoczeniu wybranych 33 technologicznych urządzeń ultradźwiękowych niskich częstotliwości — krotności przekroczeń maksymalnych dopuszczalnych poziomów hałasu ultradźwiękowego (NDN) — $K(L_{f max})$.

Fig. 11. Ranges of maximum sound pressure levels in 1/3-octave bands 10–40 kHz, ($L_{f max}$) occurring in the vicinity of selected 33 so called low frequency ultrasonic technological devices — multiplication factors of excesses of maximum admissible levels for ultrasonic noise (MAI) — $K(L_{f max})$.

Tabela 2. Zbiorcze zestawienie wyników pomiarów hałasu ultradźwiękowego na 233 stanowiskach pracy
Table 2. Results of ultrasonic noise measurements at 233 workplaces

Rodzaj urządzeń/maszyn Type of devices/machines	Wyznacznik ekspozycji na hałas Noise exposure parameter	Częstotliwość środkowa pasm tercjowych, f 1/3-octave band frequency, f [kHz]						
		10	12,5	16	20	25	31,5	40
		średnia $\pm$ SD*/zakres mean $\pm$ SD/range [dB]						
Ultradźwiękowe maszyny do obróbki tkanin Ultrasonic lace sewing machines	$L_{f eq, Te}$	69,6 $\pm$ 9,3	76,8 $\pm$ 6,6	95,6 $\pm$ 6,4	114,6 $\pm$ 6,9	96,0 $\pm$ 7,8	81,5 $\pm$ 8,4	98,7 $\pm$ 8,7
		52,9–86,7	64,2–89,2	84,3–107,9	101,3–127,7	81,3–110,7	65,0–97,3	81,2–118,6
	$L_{f max}$	75,0 $\pm$ 10,6	80,9 $\pm$ 7,6	100,0 $\pm$ 7,3	119,1 $\pm$ 7,9	101,7 $\pm$ 9,3	87,6 $\pm$ 11,6	104,3 $\pm$ 11,0
Zgrzewarki ultradźwiękowe Ultrasonic welders	$L_{f eq, Te}$	69,4 $\pm$ 9,8	68,8 $\pm$ 8,9	78,6 $\pm$ 12,7	91,6 $\pm$ 17,8	79,4 $\pm$ 11,8	84,0 $\pm$ 18,2	93,0 $\pm$ 14,7
		44,2–108,0	46,9–100,7	56,8–110,3	61,3–129,4	57–111,8	48,5–120,1	59,2–122,2
	$L_{f max}$	76,8 $\pm$ 10,7	76,2 $\pm$ 9,4	88,1 $\pm$ 12,4	100,7 $\pm$ 17,7	92,7 $\pm$ 11,2	96,8 $\pm$ 18,7	106,6 $\pm$ 14,6
Ultradźwiękowe gilotyny Ultrasonic cutters	$L_{f eq, Te}$	61,1 $\pm$ 1,9	62,7 $\pm$ 2,1	81,2 $\pm$ 2,8	100,2 $\pm$ 2,4	82,7 $\pm$ 2,2	65,1 $\pm$ 1,8	79,4 $\pm$ 3,1
		59,7–62,4	61,2–64,2	79,2–83,1	98,5–101,9	81,1–84,2	63,8–66,4	77,2–81,6
	$L_{f max}$	69,3 $\pm$ 1,2	73,9 $\pm$ 7,3	89,5 $\pm$ 3,5	108,0 $\pm$ 2,3	90,7 $\pm$ 2,1	72,6 $\pm$ 2,1	88,4 $\pm$ 4,0
		68,4–70,1	68,7–79,0	87,0–92	106,4–109,6	89,2–92,1	71,1–74	85,5–91,2



Tabela 2. Zbiorcze zestawienie wyników pomiarów hałasu ultradźwiękowego na 233 stanowiskach pracy — cd.
Table 2. Results of ultrasonic noise measurements at 233 workplaces — cont.

Rodzaj urządzeń/maszyn Type of devices/machines	Wyznacznik ekspozycji na hałas Noise exposure parameter	Częstotliwość środkowa pasm tercjowych, f 1/3-octave band frequency, f [kHz]						
		10	12,5	16	20	25	31,5	40
		średnia $\pm$ SD*/zakres mean $\pm$ SD/range [dB]						
Myjki ultradźwiękowe Ultrasonic washers	$L_{f\text{ eq,Te}}$	61,3 $\pm$ 8,5	66,5 $\pm$ 10,6	72,7 $\pm$ 10,5	72,2 $\pm$ 13,2	73,8 $\pm$ 14	80,5 $\pm$ 18,4	74,6 $\pm$ 17,8
		50,8–77,1	54,3–86,6	57,7–86,2	51,9–86,5	58,6–102,0	52,2–106,9	56,6–100,2
	$L_{f\text{ max}}$	65,2 $\pm$ 8,4	71,2 $\pm$ 11,7	76,8 $\pm$ 11,8	76,0 $\pm$ 14,2	77,8 $\pm$ 13,5	85,9 $\pm$ 18,3	79,0 $\pm$ 19,9
		53,9–78,9	57,6–88,5	60,0–91,0	54,9–92,1	60,9–104,2	55,2–109,7	58,1–107,3
Ultradźwiękowe urządzenia do odstraszenia gryzoni, insektów lub psów Ultrasonic devices used to repel rodents, insects and dogs	$L_{f\text{ eq,Te}}$	34,6 $\pm$ 7,6	47,3 $\pm$ 14,5	56,4 $\pm$ 14,2	56,0 $\pm$ 14,8	48,4 $\pm$ 21,0	42,3 $\pm$ 17,9	42,9 $\pm$ 16,4
		30,6–60,0	30,0–65,4	35,7–76,8	32,5–94,1	30,7–112,1	30,5–92,3	30,4–76,2
	$L_{f\text{ max}}$	38,9 $\pm$ 8,2	52,5 $\pm$ 16,9	60,8 $\pm$ 15,0	60,6 $\pm$ 14,9	57,3 $\pm$ 19,0	50,2 $\pm$ 15,5	50,7 $\pm$ 14,1
		31,8–61,0	30,0–71,6	38,3–79,5	34,4–96,9	41–115,5	36,8–95,9	32,0–79,5
Spawanie, cięcie plazmą itp. Welding, plasma-arc cutting, etc.	$L_{f\text{ eq,Te}}$	71,4 $\pm$ 7,0	71,6 $\pm$ 7,8	71,8 $\pm$ 8,4	72,6 $\pm$ 8,6	74,3 $\pm$ 10,3	74,4 $\pm$ 10,8	71,9 $\pm$ 10
		62,5–81,5	62,7–84,2	62,7–86,8	62,2–87,0	61,6–91,6	60,4–93,5	57,1–87,2
	$L_{f\text{ max}}$	74,1 $\pm$ 7,2	74,1 $\pm$ 7,7	74,6 $\pm$ 8,4	75,5 $\pm$ 8,6	77,7 $\pm$ 11,0	78,2 $\pm$ 11,3	75,7 $\pm$ 10,2
		64,8–85,6	64,8–86,6	65,5–89,5	65,1–89,1	64,3–97,6	63,8–99,6	60,4–90,6
Szlifierki Grinders	$L_{f\text{ eq,Te}}$	86,1 $\pm$ 7,1	84,9 $\pm$ 6,9	83,1 $\pm$ 6,2	81,1 $\pm$ 6,0	79,0 $\pm$ 7,1	77,7 $\pm$ 9,9	73,6 $\pm$ 9,6
		76,4–93,7	75,5–93,6	74,2–91,7	70,3–87,8	65,7–86,1	59,3–91,6	53,9–85,4
	$L_{f\text{ max}}$	90,1 $\pm$ 7,3	88,9 $\pm$ 7	87,4 $\pm$ 6,3	86,1 $\pm$ 6,6	83,9 $\pm$ 7,9	82,4 $\pm$ 11,1	78 $\pm$ 10,9
		79,7–98,3	78,7–97,7	77,9–96,1	75,6–95,6	71,5–93,6	64,3–98,2	56,7–92,3
Piły i strugarki Saws and planers	$L_{f\text{ eq,Te}}$	77,6 $\pm$ 3,4	77,0 $\pm$ 3,3	75,8 $\pm$ 4,0	75,6 $\pm$ 4,5	75,9 $\pm$ 4,5	74,9 $\pm$ 4,7	73,6 $\pm$ 5,1
		74,7–82,9	74,0–82,2	71,1–81,6	69,6–81,9	70,1–81,5	69–80,7	67,5–80,5
	$L_{f\text{ max}}$	83,0 $\pm$ 3,1	82,2 $\pm$ 3,1	85,6 $\pm$ 5,7	82,0 $\pm$ 5,2	82,5 $\pm$ 6,5	81,1 $\pm$ 6,7	79,5 $\pm$ 6,8
		78,1–87,9	77–87,2	78,8–94,8	74,4–91,1	73,9–94,6	72,8–93,5	71,0–92,2
Inne (np. klucze pneumatyczne, czyszczenie detali sprężonym powietrzem itp.) Others (e.g. pneumatic spanners, cleaning using compressed air, etc.)	$L_{f\text{ eq,Te}}$	86,2 $\pm$ 1,4	85,3 $\pm$ 2,3	84,1 $\pm$ 2,3	83,4 $\pm$ 4	83,4 $\pm$ 3,9	82,2 $\pm$ 5,7	80,9 $\pm$ 7,1
		85,4–87,8	83,2–87,8	81,7–86,3	78,9–86,7	78,9–86,1	75,6–86,2	72,8–85,6
	$L_{f\text{ max}}$	95,1 $\pm$ 4,1	94,8 $\pm$ 7,0	93,0 $\pm$ 7,3	92,5 $\pm$ 9,1	93,1 $\pm$ 10,0	92,1 $\pm$ 12,4	91,4 $\pm$ 13,3
		90,7–98,8	89,1–102,6	87–101,2	83,7–101,9	83,8–103,7	80,4–105,1	78,1–104,7

$L_{f\text{ eq,Te}}$ — równoważne poziomy ciśnienia akustycznego w pasmach tercjowych; equivalent-continuous sound pressure levels in 1/3-octave bands.

$L_{f\text{ max}}$ — maksymalne poziomy ciśnienia akustycznego w pasmach tercjowych; maximum sound pressure levels in 1/3-octave bands.

SD — odchylenie standardowe; a standard deviation.



Tabela 3. Wyniki oceny narażenia na hałas ultradźwiękowy na 233 stanowiskach pracy
Table 3. Results of evaluation of exposure to ultrasonic noise at 233 workplaces

Rodzaj urządzeń/maszyn Type of devices/machines	Częstość występowania przekroczeń wartości NDN Rates of excesses of MAI [%]		
	$L_{f\text{eq,Te}} > L_{f\text{eq,8h, dop}}$	$L_{f\text{eq,8h}} > L_{f\text{eq,8h, dop}}$	$L_{f\text{max}} > L_{f\text{max, dop}}$
Ultradźwiękowe maszyny do obróbki tkanin Ultrasonic lace sewing machines	100	91,7	83,3
Zgrzewarki ultradźwiękowe Ultrasonic welders	59,5	41,8	33,5
Ultradźwiękowe gilotyny Ultrasonic cutters	100	100	–
Myjki ultradźwiękowe Ultrasonic washers	42,9	–	–
Ultradźwiękowe urządzenia do odstraszenia gryzoni, insektów lub psów Ultrasonic devices used to repel rodents, insects and dogs	6,7	–	–
Spawanie, cięcie plazmą itp. Welding, plasma-arc cutting, etc.	11,1	–	–
Szlifierki Grinders	75,0	37,5	–
Piły i strugarki Saws and planers	28,6	–	–
Inne Others	100	–	33,3
Ogółem In total	58,1	39,5	31,6

NDN — wartości najwyższych dopuszczalnych natężeń hałasu ultradźwiękowego.

MAI — maximum admissible intensity values for ultrasonic noise.

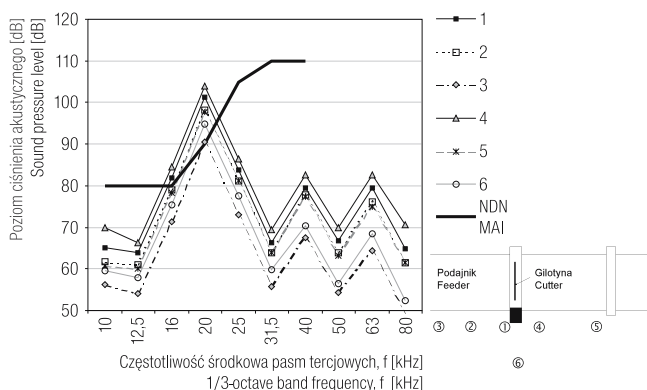
$L_{f\text{eq,Te}}$ — równoważny poziom ciśnienia akustycznego w pasmach tercjowych;
 equivalent-continuous sound pressure levels in 1/3-octave bands.

$L_{f\text{eq,8h}}$ — równoważny poziom ciśnienia akustycznego w pasmach tercjowych odniesiony do 8-godzinnego dobowego wymiaru czasu pracy;
 an equivalent-continuous sound pressure level in 1/3-octave bands, normalized to a nominal 8-hour working day.

$L_{f\text{max}}$ — maksymalny poziom ciśnienia akustycznego w pasmach tercjowych; a maximum sound pressure level in 1/3-octave bands.

$L_{f\text{eq,8h,dop}}$ — dopuszczalny równoważny poziom ciśnienia akustycznego w pasmach tercjowych odniesiony do 8-godzinnego dobowego wymiaru czasu pracy;
 an admissible equivalent-continuous sound pressure level in 1/3-octave bands, normalized to a nominal 8-hour working day.

$L_{f\text{max,dop}}$ — dopuszczalny maksymalny poziom ciśnienia akustycznego w pasmach tercjowych;
 an admissible maximum sound pressure level in 1/3-octave bands.



NDN — wartości najwyższych dopuszczalnych natężeń hałasu ultradźwiękowego (17).
 MAI — maximum admissible intensity values for ultrasonic noise (17).

Ryc. 12. Przykładowy rozkład poziomów ciśnienia akustycznego w sąsiedztwie gilotyny ultradźwiękowej — równoważne poziomy ciśnienia akustycznego w pasmach tercjowych 10–80 kHz w punktach pomiarowych 1–6.

Fig. 12. An example of sound pressure level distribution in the vicinity of ultrasonic cutter — equivalent-continuous sound pressure levels in 1/3-octave bands in the 10–80 kHz frequency range at the measuring points 1–6.

Z kolei wyniki pomiarów pola akustycznego w otoczeniu wybranych 33 ultradźwiękowych urządzeń technologicznych niskich częstotliwości, w tym zgrzewarek (26 szt.), maszyn do obróbki tkanin (2 szt.), myjek ultradźwiękowych (2 szt.), urządzeń do odstraszenia gryzoni, insektów i psów (2 szt.) oraz gilotyny przedstawiono w tabeli 4. i na rycinach 10.–11. Przykładowy rozkład poziomów ciśnienia akustycznego w otoczeniu gilotyny ultradźwiękowej pokazano na rycinie 12.

OMÓWIENIE WYNIKÓW

Przeprowadzone badania pola akustycznego w otoczeniu różnych maszyn i urządzeń, potwierdziły, że na stanowiskach pracy związanych z obsługą ultradźwiękowych urządzeń technologicznych niskich częstotliwości, w tym myjek, zgrzewarek, gilotyn i maszyn do obróbki tkanin, urządzeń do odstraszenia gryzoni, insektów i psów, a także szlifierek, pilarek, strugarek, kluczy



Tabela 4. Wyniki pomiarów hałasu ultradźwiękowego w otoczeniu wybranych 33 urządzeń ultradźwiękowych niskiej częstotliwości
Table 4. Results of ultrasonic noise measurements in the vicinity of chosen 33 so-called low frequency ultrasonic technological devices

Rodzaj urządzeń/maszyn Type of devices/machines	Wyznacznik ekspozycji na hałas Noise exposure parameter	Częstotliwość środkowa pasm tercjowych, f 1/3-octave band frequency, f [kHz]						
		10	12,5	16	20	25	31,5	40
		Zakres/Range [dB]						
Myjki ultradźwiękowe Ultrasonic washers	$L_{f_{eq,Te}}$	57,6–66,8	58,6–70,6	66,3–82,2	65,9–83,2	59,5–74,7	75,5–99,3	76,9–105,7
	$L_{f_{max}}$	59,8–68,8	60,4–72,5	68,9–84,1	66,9–85,7	59,8–80,6	77,6–88,9	77,3–107,3
Ultradźwiękowe urządzenia do odstraszenia gryzoni, insektów i psów Ultrasonic devices used to repel rodents, insects and dogs	$L_{f_{eq,Te}}$	31,1–70,0	30,0–78,0	36,3–91,4	32,5–106,8	49,9–124,7	55,4–104,9	58,6–88,6
	$L_{f_{max}}$	31,8–80,0	30,0–81,0	38,3–95,5	34,4–108,8	53,3–127,3	57,3–107,9	62,3–91,4
Ultradźwiękowa gilotyna Ultrasonic cutter	$L_{f_{eq,Te}}$	56,3–69,8	54,1–66,4	71,3–84,5	90,6–103,9	73,0–86,5	55,8–69,4	67,6–82,6
	$L_{f_{max}}$	59,4–74	55,5–70	73,1–88,5	92,5–107,8	75,1–90,3	57,4–72,7	71,2–85,7
Zgrzewarki ultradźwiękowe (f ₀ =20 kHz) Ultrasonic welders (f ₀ =20 kHz)	$L_{f_{eq,Te}}$	53,8–88,5	57,4–90,9	69,7–109,4	80,4–129,3	65,5–114,3	56,3–124,8	67,8–126,3
	$L_{f_{max}}$	59,6–95,7	64,4–98,1	73,5–116,7	96,9–136,7	79,2–120,1	69,4–110,2	81,1–131,1
Zgrzewarki ultradźwiękowe (f ₀ =31,5 kHz) Ultrasonic welders (f ₀ =31,5 kHz)	$L_{f_{eq,Te}}$	53,1–78,6	55,4–76,3	68,9–83,9	59,7–97,7	64,9–90,3	76,1–115,1	77,6–112,8
	$L_{f_{max}}$	59–82,4	63,5–83,5	73,5–97,7	65,7–113,4	75,3–104,3	92,4–130,3	97,6–128,1
Ultradźwiękowe maszyny do obróbki tkanin Ultrasonic lace swing machines	$L_{f_{eq,Te}}$	61,8–70,2	74,9–90,9	94,1–109,4	113,2–129,3	94,5–114,3	88,4–104,8	97,7–126,3
	$L_{f_{max}}$	63,5–83,5	79,8–98,1	103,3–116,7	118,1–136,7	100,8–120,1	83,6–109,5	103,2–131,1

$L_{f_{eq,Te}}$ — równoważne poziomy ciśnienia akustycznego w pasmach tercjowych;
 equivalent-continuous sound pressure levels in 1/3-octave bands.

$L_{f_{max}}$ — maksymalne poziomy ciśnienia akustycznego w pasmach tercjowych;
 maximum sound pressure levels in 1/3-octave bands.

f_0 — podstawowa częstotliwość pracy;
 a nominal frequency.

pneumatycznych, palników acetylenowo-tlenowych itp., występuje hałas obejmujący wysokie składowe słyszalne i niskie ultradźwiękowe.

Uzyskane wyniki wskazują na to, że do grona najważniejszych źródeł ekspozycji zawodowej na hałas ultradźwiękowy można zaliczyć ultradźwiękowe maszyny do obróbki tkanin, zgrzewarki i gilotyny (ryc. 1–3 i ryc. 9). Występujące na stanowiskach pracy związanych z obsługą ww. urządzeń wartości równoważnego poziomu ciśnienia akustycznego w pasmach tercjowych przekraczały wartości dopuszczalne równoważnego poziomu ciśnienia akustycznego odniesionego do 8-godzinnego dobowego wymiaru czasu pracy (NDN) głównie w zakresie częstotliwości 12,5–25 kHz (sporadycznie do 40 kHz — w przypadku zgrzewarek). Co więcej, w przypadku większości (83,3%) rozpatrywanych maszyn do obróbki tkanin i znacznej części (33,5%) zgrzewarek, zwłaszcza tych, których znamionowa częstotliwość pracy wynosi około 20 kHz, stwierdzono również przekroczenia wartości dopuszczalnych maksymalnego poziomu ciśnienia akustycznego $L_{f_{max}}$ (tab. 3). Godne uwagi jest to, że poziomy ciśnienie akustycznych prze-

kracające wartości NDN występowały często nie tylko bezpośrednio na stanowiskach pracy, ale również w znacznych odległościach (rzędu 1,5–2 m) od sonotrod generujących ultradźwięki (ryc. 10–11, tab. 4).

Ocena narażenia na hałas ultradźwiękowy, uwzględniająca efektywne czasy ekspozycji, na wszystkich analizowanych stanowiskach pracy związanych z obsługą gilotyn, a także w przypadku odpowiednio 41,8% i 91,7% operatorów ultradźwiękowych zgrzewarek i maszyn do obróbki tkanin, wykazała przekroczenia wartości NDN (krotność przekroczenia NDN, $K > 1^*$). Co więcej, w znakomitej większości (87,5%) badanych stanowisk pracy zlokalizowanych przy maszynach do obróbki tka-

* Krotności przekroczeń NDN (K) dla poszczególnych pasm tercjowych z przedziału częstotliwości 10–40 kHz odniesieniu do równoważnych i maksymalnych poziomów ciśnienia akustycznego ($L_{f_{eq,Te}}/L_{f_{eq,8h}}$ i $L_{f_{max}}$), są wyznaczane odpowiednio wg wzorów:

$$K = 10^{(L_{f_{eq,Te}} - L_{f_{eq,8h}})/10} \quad [1]$$

$$K = 10^{(L_{f_{max}} - L_{f_{max,dop}})/20} \quad [2]$$

gdzie: $L_{f_{eq,Te}}$ — równoważny poziom ciśnienia akustycznego za czas ekspozycji T_e odniesiony do 8 godzin ($L_{f_{eq,Te}}/L_{f_{eq,8h}}$); $L_{f_{max}}$ — maksymalny poziom ciśnienia akustycznego; $L_{f_{eq,8h,dop}}$ — dopuszczalny poziom ciśnienia akustycznego odniesiony do 8-godzinnego dobowego wymiaru czasu pracy, $L_{f_{max,dop}}$ — maksymalny dopuszczalny poziom ciśnienia akustycznego (tab. 1).



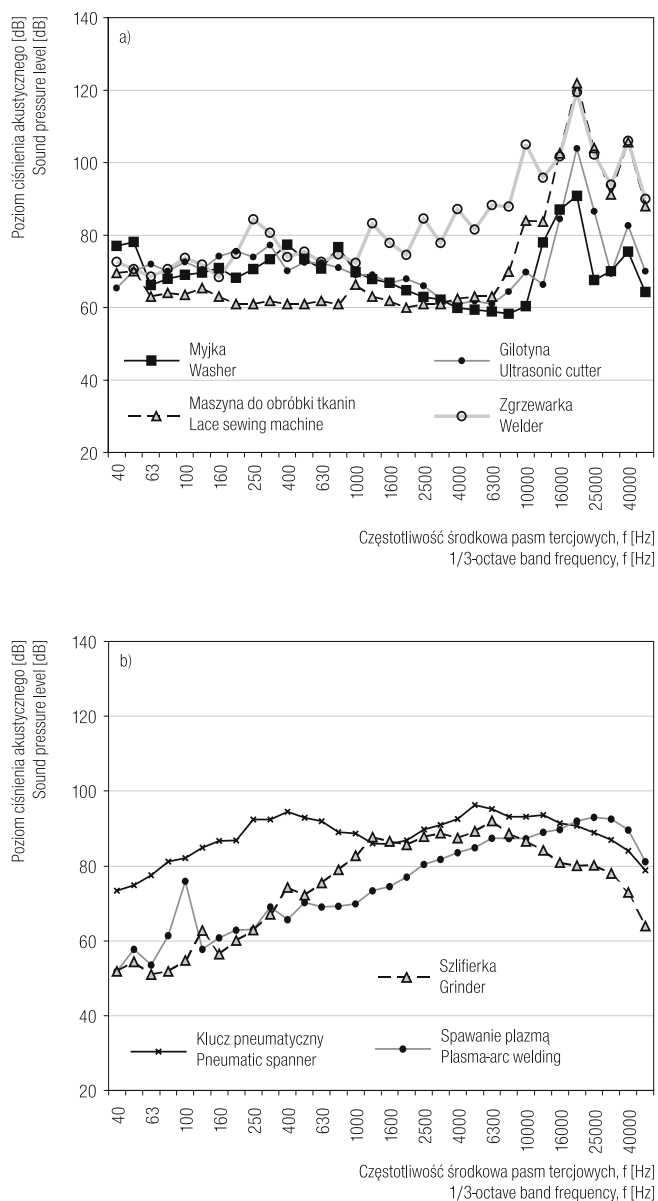
nin oraz w 30,8% przypadków operatorów zgrzewarek przekroczenia NDN były znaczące ($K > 10$) (ryc. 9).

Występujące na stanowiskach pracy związane z obsługą myjek ultradźwiękowych równoważne poziomy ciśnienia akustycznych w pasmach tercjowych z przedziału 10–40 kHz jedynie w części analizowanych przypadków (42,9%) przekraczały wartości dopuszczalne w odniesieniu do 8-godzinnej ekspozycji (tab. 3, ryc. 5). Godne uwagi jest to, że w ogóle nie obserwowano przekroczeń wartości dopuszczalnych maksymalnych poziomów ciśnienia akustycznego w pasmach tercjowych 10–40 kHz, a więc w konsekwencji po uwzględnieniu efektywnych czasów ekspozycji, na badanych stanowiskach pracy nie stwierdzono przekroczeń wartości NDN.

W bliskim sąsiedztwie ultradźwiękowych urządzeń do odstraszania gryzoni, insektów lub psów, sporadycznie obserwowano poziomy ciśnienia akustycznych przekraczające zarówno wartości dopuszczalne odnoszące się do ekspozycji 8-godzinnej (przy odległościach rzędu 0,25–1 m), jak i maksymalne dopuszczalne wartości (w odległości 0,25 m) (ryc. 11–12). Jednak w związku z bardzo krótkimi efektywnymi czasami ekspozycji lub/i lokalizacją stanowisk pracy w pewnej odległości od tego typu urządzeń nie stwierdzono na tych stanowiskach przekroczeń wartości NDN.

Na stanowiskach pracy operatorów spawarek, palników acetylenowo-tlenowych, szlifierek, frezarek, pił tarczowych, strugarek, zakrętarek elektrycznych i kluczy pneumatycznych nie obserwowano poziomów ciśnienia akustycznych przekraczających maksymalne dopuszczalne wartości w pasmach tercjowych 10–40 kHz. Stwierdzono natomiast występowanie równoważnych poziomów ciśnienia akustycznego przekraczających wartości dopuszczalne w odniesieniu do ekspozycji 8-godzinnej w pasmach tercjowych 10–16 kHz, co świadczy o obecności w widmie dominujących składowych z zakresu wysokich częstotliwości słyszalnych, a nie typowych ultradźwiękowych (tab. 2). Po uwzględnieniu efektywnych czasów ekspozycji, przekroczenia wartości NDN hałasu ultradźwiękowego obserwowano jedynie w przypadku 37,5% operatorów szlifierek.

Warte uwagi jest to, że widma hałasu generowanego przez omawiane wyżej maszyny i urządzenia różnią się od widm hałasu towarzyszących pracy technologicznych urządzeń ultradźwiękowych niskich częstotliwości, z wyraźnymi składowymi tonalnymi, odpowiadającymi podstawowym częstotliwościom pracy urządzeń oraz ich częstotliwościom sub- lub/i podharmonicznym z przedziału 10–40 kHz (ryc. 13).



Ryc.13. Porównanie widm hałasu generowanego przez: a) ultradźwiękowe myjki, zgrzewarki i maszyny do obróbki tkanin, b) klucze pneumatyczne, szlifiereki i proces spawania plazmą.
Fig. 13. Comparison of noise spectra generated by (a) ultrasonic welder, cutters, and lace sewing machine, (b) pneumatic spanner, grinder, and plasma arc-welding process.

Obowiązujące aktualnie wartości najwyższych dopuszczalnych natężeń hałasu ultradźwiękowego zostały opracowane w latach 80. (7,10). Przyjęte wówczas wartości dopuszczalne miały na celu zabezpieczenie przed możliwością wystąpienia uszkodzenia słuchu lub/i objawów subiektywnych w postaci zmęczenia, bólu głowy, nudności, dzwonienia w uszach, wymiotów itp. Nowelizacja wartości NDN, która miała miejsce w 2001 r., sprowadzała się jedynie do ograniczenia ocenianego



zakresu częstotliwości do pasm tercjowych z przedziału 10–40 kHz i do modyfikacji metod pomiaru (10,21).

Warto zwrócić uwagę na to, że ponad połowa badanych maszyn i urządzeń emitowała hałas ultradźwiękowy o poziomach ciśnienia akustycznego przewyższających wartości najwyższych dopuszczalnych natężeń. Tymczasem nieliczne prace potwierdzają występowanie trwałych ubytków słuchu wśród pracowników ekspozowanych na hałas o składowych wysokoczęstotliwościowych lub ultradźwiękowych (1,8,10,11). Istnieje zatem potrzeba zweryfikowania tezy, że ekspozycja zawodowa na hałas ultradźwiękowy o poziomach przewyższających wartości NDN wiąże się ze zwiększonym ryzykiem upośledzenia słuchu. Na szczególną uwagę zasługuje przy tym hałas ultradźwiękowy o charakterze impulsowym, generowany przez zgrzewarki ultradźwiękowe. Powszechnie wiadomo, że hałas słyszalny o charakterze impulsowym jest szczególnie szkodliwy, gdyż mechanizmy ochronne narządu słuchu (odruch mięśni ucha środkowego) charakteryzują się pewną bezwładnością i w przypadku tego typu hałasu są nieefektywne.

PODSUMOWANIE

1. Najczęściej spotkanymi źródłami ekspozycji zawodowej na hałas ultradźwiękowy są tzw. technologiczne urządzenia ultradźwiękowe niskich częstotliwości, w tym zgrzewarki, myjki, gilotyny i maszyny do obróbki tkanin, a także palniki acetylenowo-tlenowe, spawarki, narzędzia pneumatyczne oraz maszyny wysokoobrotowe, w tym strugarki, szlifierki i piły tarczowe.
2. Najistotniejszymi źródłami hałasu ultradźwiękowego są ultradźwiękowe zgrzewarki i maszyny do obróbki tkanin, w przypadku których obserwuje się przekroczenia zarówno dopuszczalnych wartości równoważnych poziomów ciśnienia akustycznych w pasmach tercjowych z przedziału 10–40 kHz, odniesionych do 8-godzinnego dobowego wymiaru czasu pracy, jak i maksymalnych poziomów ciśnienia akustycznego (NDN). Zagrożenie hałasem ultradźwiękowym w tego typu sytuacjach nie ogranicza się jedynie do stanowisk pracy, lecz często występuje również w odległościach rzędu 1–2 m od sonotrod generujących ultradźwięki.
3. Spawarki, palniki acetylenowo-tlenowe, szlifierki, frezarki, piły tarczowe, strugarki, zakrętkarki, klucze pneumatyczne, a także procesy czyszczenia detali sprężonym powietrzem stanowią źródła hałasu wysokoczęstotliwościowego (o składowych powyżej 10 kHz). Występujące na stanowiskach pracy związane z obsługą

ww. maszyn i urządzeń, poziomy ciśnienia akustycznych w pasmach tercjowych 10–16 kHz bardzo rzadko przewyższają dopuszczalne wartości maksymalne. W znakomitej większości przypadków obserwuje się co najwyżej przekroczenia wartości dopuszczalnych hałasu ultradźwiękowego (NDN) w odniesieniu do ekspozycji 8-godzinnej.

PIŚMIENNICTWO

1. Ultrasound. Environmental Health Criteria Nr 22 Geneva, WHO, 1982
2. PN-86/N-01321: Hałas ultradźwiękowy. Dopuszczalne wartości poziomu ciśnienia akustycznego na stanowiskach pracy i ogólne wymagania dotyczące wykonywania pomiarów. Polski Komitet Normalizacji Miar i Jakości Warszawa 1986
3. Acton W.I., Hill C.R.: Hazards of industrial ultrasound. *Protection* 1977;14(19):12–17
4. Grzesik J., Pluta E.: Kryteria oceny oraz badania stanu zdrowia osób obsługujących urządzenia ultradźwiękowe. Materiały do studiów i Badań CIOP 1978;43:30–40
5. Konarska M.: Biologiczne podstawy normowania ultradźwięków o małych częstotliwościach. Materiały do studiów i Badań CIOP 1978;43:49–56
6. Markiewicz L.: Wyniki badań działania drgań ultradźwiękowych na organizm człowieka. Materiały do studiów i Badań CIOP 1978;43:41–49
7. Biuletyn Międzyresortowej Komisji ds. Aktualizacji Wykazu NDS i NDN czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy. Warszawa, MPiPS 2, 107–126, 1986
8. Grzesik J., Pluta E.: High-frequency hearing risk of operators of industrial ultrasonic devices. *Int. Arch. Occup. Environ. Health*. 1983;53:77–88
9. Wiernicki C., Karoly W.J.: Ultrasound: biological effects and industrial hygiene concerns. *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.* 1985; 46(9):488–496
10. Pawlaczyk-Luszczynska M., Koton J., Śliwińska-Kowalska M., Augustyńska D., Kameduła M.: Hałas ultradźwiękowy — Dokumentacja proponowanych wartości dopuszczalnych poziomów narażenia zawodowego. *Metody i Podstawy Oceny Środowiska Pracy*, CIOP 2001;XVII,2(28):55–88
11. Lawton B.W.: Damage to human hearing by airborne sound of very high frequency or ultrasonic frequency. Contract Research Report 343/2001. Institute of Sound and Vibration Research for Health and Safety Executive, University of Southampton United Kingdom 2001 [cytowany 19 stycznia 2007]. Adres: <http://www.compound.security.co.uk/download/HSE.pdf>
12. Holmberg K., Landstrom U., Nordstrom B.: Annoyance and discomfort during exposure to high-frequency noise from an ultrasonic washer. *Perept. Mot. Skills* 1995;81(3):819–827
13. Acton W. I.: Exposure criteria for industrial for industrial ultrasound. *Ann. Occup. Hyg.* 1975;18: 267–268
14. Materiały do Studiów i Badań CIOP 1978;43:56–57
15. Rozporządzenie MPiPS z dnia 1 grudnia 1989 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szko-



- dliwych dla zdrowia w środowisku pracy. DzU z 1989 r. nr 69, poz. 417
16. Rozporządzenie MPiPS z dnia 2 stycznia 2001 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy. DzU z 2001 r. nr 4, poz. 36
17. Rozporządzenie MPiPS z dnia 29 listopada 2002 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy wraz z późniejszymi zmianami. DzU z 2002 r. nr 217, poz. 1833 oraz DzU z 2005 r. nr 212, poz. 1769
18. Tan A.C.H., Tanaka N.: The safety issues of intense airborne ultrasound: parametric array loudspeaker. W: [red.]. Eberhardsteiner, J., Mang H.A., Waubke H. CD-ROM Proceedings of the Thirteenth International Congress on Sound and Vibration (ICSV13). July 2–6, 2006, Vienna, Austria. Paper no 660. Publisher: Vienna University of Technology, Wiedeń 2006
19. Directive 2003/10/EC of European Parliament and of the Council of 6 February 2003 on the minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to the risks arising from physical agents (noise) (17th individual Directive within the meaning of Article 16(1) of Directive 89/391/EEC). Off. J. Eur. Comm. 2003;L42/38
20. PN-ISO 9612:2004: Akustyka. Wytyczne do pomiarów i oceny ekspozycji na hałas w środowisku pracy. Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa 2004
21. Pawlaczyk-Łuszczyńska M., Koton J., Augustyńska D.: Hałas ultradźwiękowy — Procedura pomiarowa. Met. Podst. Oceny Środ. Pr. 2001;XVII,2(28):89–96

