

Hałas ultradźwiękowy

na stanowiskach pracy maszyn i urządzeń ze sprężonym powietrzem

W artykule przedstawiono pomiary i ocenę hałasu ultradźwiękowego przeprowadzone na stanowiskach obsługi: pras wulkanizacyjnych, zrywarki uszczeltek, obcinarki uszczeltek, suszenia masek sitodruku, czyszczenia płytek drukowanych oraz kuwet. Ponadto podano zalecenia ograniczenia hałasu w pobliżu źródeł aerodynamicznych, jakie mogą stanowić stanowiska pracy maszyn i urządzeń ze sprężonym powietrzem. Wyniki badań dotyczące narażenia na hałas ultradźwiękowy pracowników obsługujących wymienione stanowiska wykazały, że największe przekroczenia wartości NDN hałasu ultradźwiękowego występują w pasmach tercjowych o częstotliwościach środkowych 10 kHz, 12,5 kHz i 16 kHz.

Ultrasonic noise at workstations with machinery and devices with air compression

This article presents measurements and assessment of noise at workstations with vulcanization presses, machines used for cutting and tearing off gaskets, screen printing mask dryers and workstations where printed circuit boards and cuvettes are cleaned. It also makes recommendations for noise reduction near aerodynamic sources, such as workstations where machinery and devices with air compression are located. The results of measurements and assessment of occupational exposure to ultrasonic noise at selected workstations have shown that the highest values of MAI (maximum admissible intensities) occur in the 1/3 octave band with the central frequency of 10 kHz, 12 kHz and 16 kHz.

Wstęp

Głównymi źródłami hałasu ultradźwiękowego w procesie pracy są urządzenia generujące drgania ultradźwiękowe o częstotliwości znamionowej od 16 do 40 kHz, wytwarzane w celu realizacji lub usprawnienia założonych procesów technologicznych [1-4]. Najlicniejszą grupę źródeł hałasu ultradźwiękowego stanowią myjki (płuczki) ultradźwiękowe (2/3 wszystkich technologicznych urządzeń ultradźwiękowych), zaś na drugim miejscu plasują się zgrzewarki ultradźwiękowe (tworzyw sztucznych, metali oraz materiałów trudno zgrzewalnych). Poza tym, do urządzeń ultradźwiękowych zaliczamy: drążarki ultradźwiękowe, lutownice ręczne i wanny do cynowania oraz jednostki dentystyczne do czyszczenia kamienia nazębnego, tzw. skalery.

Poza wymienionymi technologicznymi urządzeniami, w których drgania ultradźwiękowe są czynnikiem roboczym, hałas ultradźwiękowy powstaje także jako niezamierzony skutek pracy wielu maszyn i urządzeń. Z nielicznych danych literaturowych

(opublikowanych ponad 10 lat temu) [2, 5-8] wynika, że obecność składowych ultradźwiękowych o znacznych poziomach ciśnienia akustycznego stwierdzono w przypadku pracy urządzeń, podczas której występują zjawiska o charakterze aerodynamicznym (przepływ lub wypływ sprężonych gazów) oraz mechanicznym (duże prędkości obrotowe elementów maszyn). Dotyczy to sprężarek, palników, zaworów, narzędzi pneumatycznych oraz maszyn wysokoobrotowych (strugarek, frezarek, szlifierek, pił tarczowych oraz niektórych maszyn włókienniczych). Największa ilość energii akustycznej emitowanej przez te maszyny zawiera się w zakresie wysokich częstotliwości słyszalnych i niskich ultradźwiękowych.

Hałas ultradźwiękowy emitowany przez wymienione maszyny i urządzenia może działać szkodliwie na narząd słuchu (powodować ubytki słuchu) [9], a także wpływać ujemnie na układ przedsionkowy, co objawia się bólami i zawrotami głowy, zaburzeniami równowagi i nudnościami. Badania oddziaływań pozaśrodkowych wykazały, że ekspozycja zawodowa na hałas ultradźwiękowy o poziomach powyżej

80 dB w zakresie częstotliwości słyszalnych i ponad 100 dB w zakresie niskich częstotliwości ultradźwiękowych wywołuje zmiany o charakterze wegetatywno-naczyniowym [2].

W niniejszym artykule przedstawiono wstępne wyniki prowadzonych obecnie badań dotyczących oceny narażenia na hałas ultradźwiękowy na stanowiskach pracy maszyn i urządzeń ze sprężonym powietrzem.

Przedmiot i metodyka badań

W różnych gałęziach przemysłu wiele procesów technologicznych wykorzystuje systemy sprężonego powietrza, takie jak czyszczenie, suszenie, chłodzenie, sortowanie i transport. W zależności od rodzaju procesu stosuje się m.in. zawory i pistolety ze sprężonym powietrzem (z różnymi rodzajami dysz), noże i kurtyny powietrzne oraz prasy.

Pomiary hałasu ultradźwiękowego przeprowadzono na stanowiskach pracy: 3 pras wulkanizacyjnych, zrywarki uszczeltek, obcinarki uszczeltek, suszenia masek sitodruku oraz czyszczenia płytek drukowanych i kuwet.



Fot. Stanowisko suszenia masek sitodruku
Photo. A workstation for air drying screen printing masks

Stosowano na nich różne typy zaworów pneumatycznych oraz dysze o zmiennej średnicy (w przypadku pras – dysze o średnicach: 6 mm, 5 mm i 1,2 mm, w przypadku obcinarki uszczelki – o średnicy 1 mm, natomiast podczas suszenia masek sitodruku oraz czyszczenia płytek drukowanych i kuwet pracownicy stosowali zawory sprężonego powietrza o średnicy dyszy – 3 mm (fot.).

Pomiary i ocenę hałasu na tych stanowiskach przeprowadzono zgodnie z wymaganiami zawartymi w rozporządzeniu ministra pracy i polityki społecznej w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy [10] oraz według procedury pomiarowej opublikowanej w [11]. Wyznaczono wielkości charakteryzujące hałas ultradźwiękowy:

- równoważne poziomy ciśnienia akustycznego w pasmach tercjowych o częstotliwościach środkowych f od 10 kHz do 40 kHz, odniesione do 8-godzinnego dnia pracy, $L_{\text{feq}, 8h}$ w dB

- maksymalne poziomy ciśnienia akustycznego w pasmach tercjowych o częstotliwościach środkowych f od 10 kHz do 40 kHz, w czasie dnia pracy, L_{fmax} w dB.

Na podstawie zmierzonych wartości wyznaczono krotności wartości dopuszczalnych (NDN) hałasu ultradźwiękowego z następujących wzorów [10]:

- dla równoważnych poziomów ciśnienia akustycznego:

$$K_{L_{\text{feq}, 8h}} = 10^{\frac{L_{\text{feq}, 8h} - L_{\text{feq}, 8h, \text{dop}}}{10}} \quad (1)$$

- dla maksymalnych poziomów ciśnienia akustycznego:

$$K_{L_{\text{fmax}}} = 10^{\frac{L_{\text{fmax}} - L_{\text{fmax}, \text{dop}}}{20}} \quad (2)$$

gdzie:

$L_{\text{feq}, 8h}$ – zmierzone wartości równoważnego poziomu ciśnienia akustycznego w tercjowych pasmach częstotliwości o częstotliwościach środkowych f od 10 kHz do 40 kHz, odniesione do 8-godzinnego dnia pracy, w dB

$L_{\text{feq}, 8h, \text{dop}}$ – dopuszczalne wartości równoważnego poziomu ciśnienia akustycznego w tercjowych pasmach częstotliwości o częstotliwościach środkowych f od 10 kHz do 40 kHz, odniesione do 8-godzinnego dnia pracy, w dB [10]

L_{fmax} – zmierzone wartości maksymalnego poziomu ciśnienia akustycznego w tercjowych pasmach o częstotliwościach środkowych f od 10 kHz do 40 kHz, w dB

$L_{\text{fmax}, \text{dop}}$ – dopuszczalne wartości maksymalnego poziomu ciśnienia akustycznego w tercjowych pasmach o częstotliwościach środkowych f od 10 kHz do 40 kHz, w dB [10].

Ocenę ryzyka zawodowego (powstania niekorzystnych skutków działania hałasu ultradźwiękowego) przeprowadzono według ogólnych zasad (wg PN-N-18002:2011), [12]: jeśli $K_{L_{\text{feq}, 8h}}$ i $K_{L_{\text{fmax}}} < 0,5$ – ryzyko małe, jeśli $0,5 \leq K_{L_{\text{feq}, 8h}}$ i $K_{L_{\text{fmax}}} \leq 1$ – ryzyko średnie, a jeśli $K_{L_{\text{feq}, 8h}}$ i $K_{L_{\text{fmax}}} > 1$ – ryzyko duże.

Wyniki pomiarów oraz ocena ryzyka zawodowego

Wyniki pomiarów hałasu ultradźwiękowego na stanowiskach pracy badanych urządzeń: pras wulkanizacyjnych, zrywarki uszczelki, obcinarki uszczelki oraz zaworów ze sprężonym powietrzem, przedstawiono w tab. 1 i 2. oraz na rys. 1-4. Na rysunkach przedstawiono również wartości dopuszczalne hałasu ultradźwiękowego na stanowiskach pracy (wartości NDN), [10]. Wyznaczone krotności wartości dopuszczalnych dla zmierzonych wartości zamieszczono w tab. 3 i 4.

Jak wynika z tab. 1 i rys. 1 i 3., mierzone równoważne poziomy ciśnienia akustycznego w pasmach tercjowych o częstotliwościach środkowych od 10 kHz do 40 kHz odniesione do 8-godzinnego dnia pracy, na większości badanych stanowisk pracy wahają się w granicach 80-108 dB i przekraczają wartości dopuszczalne głównie w pasmach tercjowych 10-20 kHz. Wyjątek stanowi operacja czyszczenia sprężonym powietrzem z zastosowaniem dyszy o średnicy 1,2 mm na stanowisku prasy wulkanizacyjnej (rys. 1.) oraz operacja suszenia masek sitodruku sprężonym powietrzem z zastosowaniem zaworu o średnicy 3 mm (rys. 3.) – mierzone poziomy wahają się w zakresie 63-76 dB i nie przekraczają wartości dopusz-

Tabela 1. Wyniki pomiarów równoważnego poziomu ciśnienia akustycznego odniesionego do 8 godzin $L_{\text{feq}, 8h}$ na stanowiskach pracy

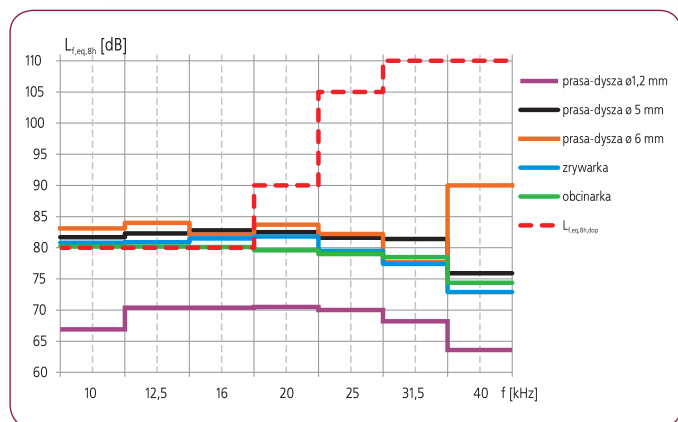
Table 1. Equivalent sound pressure levels normalized to an 8-hours, $L_{\text{feq}, 8h}$ at workstations

Lp.	Stanowisko	Równoważny poziom ciśnienia akustycznego odniesiony do 8 godzin $L_{\text{feq}, 8h}$ w dB, w tercjowych pasmach częstotliwości o częstotliwościach środkowych, w kHz						
		10	12,5	16	20	25	31,5	40
1	Prasa – dysza \varnothing 5 mm	81,7	82,3	82,8	82,5	81,6	81,4	75,9
2	Prasa – dysza \varnothing 6 mm	83,1	84,0	82,1	83,7	82,2	77,7	76,0
3	Prasa – dysza \varnothing 1,2 mm	66,9	70,4	70,4	70,5	70,0	68,2	63,6
4	Zrywarka	80,8	80,9	81,5	81,8	79,5	77,4	72,9
5	Obcinarka	80,2	80,2	80,1	79,6	79,0	78,5	74,4
6	Suszenie masek – dysza \varnothing 3 mm	67,1	68,6	70,0	71,2	74,5	76,1	71,8
7	Czyszczenie płytek – dysza \varnothing 3 mm	88,3	89,7	92,4	94,7	95,7	95,9	98,6
8	Czyszczenie kuwet – dysza \varnothing 3 mm	97,8	98,8	101,4	103,6	104,6	105,4	108,5

Tabela 2. Wyniki pomiarów maksymalnego poziomu ciśnienia akustycznego, L_{fmax} , na stanowiskach pracy

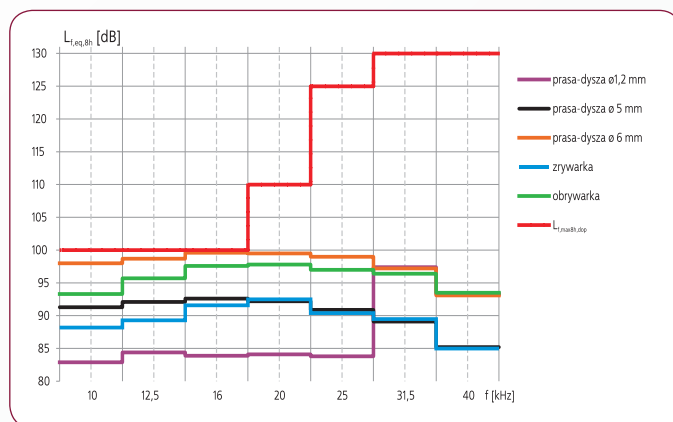
Table 2. Maximum sound pressure levels, L_{fmax} at workstations

Lp.	Stanowisko	Maksymalny poziom ciśnienia akustycznego, L_{fmax} , w dB, w tercjowych pasmach częstotliwości o częstotliwościach środkowych, w kHz						
		10	12,5	16	20	25	31,5	40
1	Prasa – dysza \varnothing 5 mm	91,3	92,1	92,6	92,2	90,9	89,1	91,3
2	Prasa – dysza \varnothing 6 mm	98,0	98,7	99,6	99,5	99,0	97,4	93,3
3	Prasa – dysza \varnothing 1,2 mm	82,9	84,4	83,9	84,1	83,8	97,4	93,3
4	Zrywarka	88,2	89,3	91,6	92,5	90,4	89,5	85,0
5	Obcinarka	93,3	95,7	97,6	97,8	97,0	96,4	93,5
6	Suszenie masek – dysza \varnothing 3 mm	91,7	91,8	91,9	93,8	98	98,8	93,1
7	Czyszczenie płytek – dysza \varnothing 3 mm	102,9	104,2	107,5	109,9	109,9	111,2	113,5
8	Czyszczenie kuwet – dysza \varnothing 3 mm	94,3	95	96,8	97	97,7	97,7	102,7



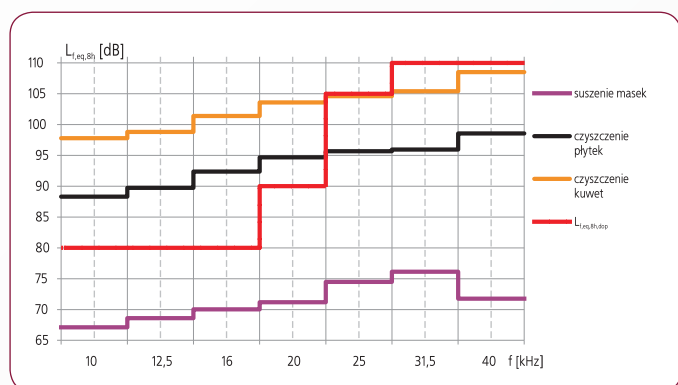
Rys. 1. Równoważny poziom ciśnienia akustycznego odniesiony do 8 godzin $L_{f,eq,8h}$ na stanowiskach pracy: pras wulkanizacyjnych oraz zrywarki i obcinarki uszczeltek

Fig. 1. Equivalent sound pressure level, normalized to an 8-h working day, $L_{f,eq,8h}$, at workstations of vulcanization presses



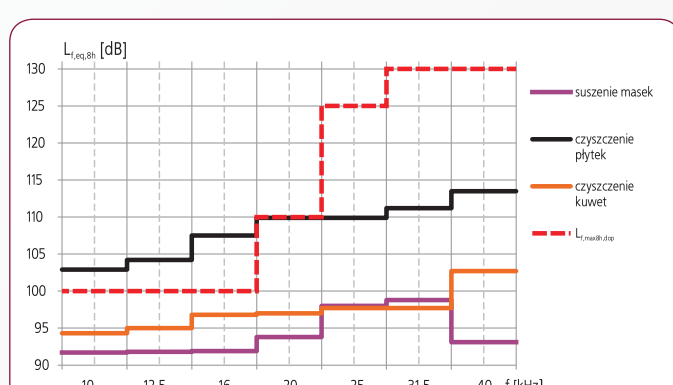
Rys. 2. Maksymalny poziom ciśnienia akustycznego, $L_{f,max}$ na stanowiskach pracy: pras wulkanizacyjnych oraz zrywarki i obcinarki uszczeltek

Fig. 2. Maximum sound pressure level, normalized to an 8-h working day, $L_{f,max}$, at workstations of vulcanization presses and machines used for cutting and tearing off gaskets



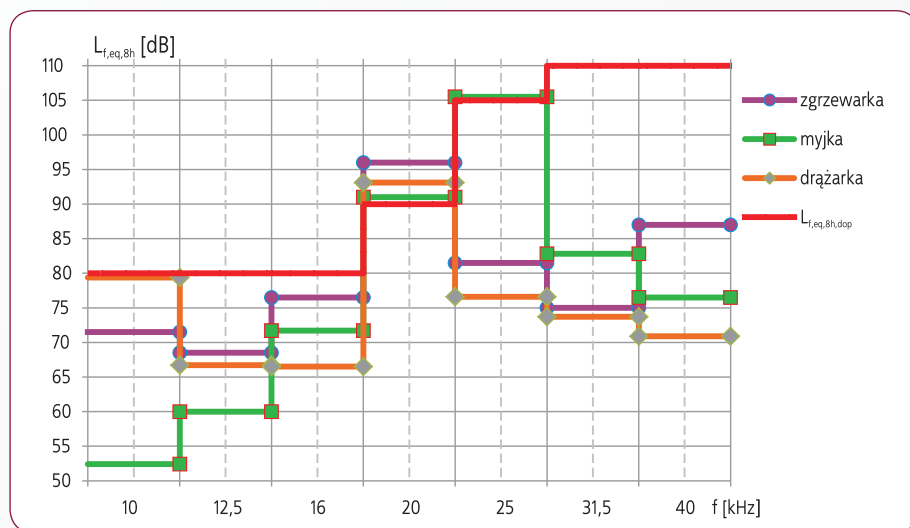
Rys. 3. Równoważny poziom ciśnienia akustycznego odniesiony do 8 godzin $L_{f,eq,8h}$ na stanowiskach pracy suszenia i czyszczenia detali z zastosowaniem zaworów sprężonego powietrza

Fig. 3. Equivalent sound pressure level, normalized to an 8-h working day, $L_{f,eq,8h}$, at workstations where small elements are dried and cleaned with air pressure



Rys. 4. Maksymalny poziom ciśnienia akustycznego $L_{f,max}$ na stanowisku pracy suszenia i czyszczenia detali z zastosowaniem zaworów sprężonego powietrza

Fig. 4. Maximum sound pressure level, normalized to an 8-h working day, $L_{f,max}$, at workstations where small elements are dried and cleaned with air pressure valves



Rys. 5. Równoważny poziom ciśnienia akustycznego odniesiony do 8 godzin $L_{f,eq,8h}$ na stanowiskach pracy technologicznych urządzeń ultradźwiękowych: zgrzewarki, myjki i drażarki [12]

Fig. 5. Equivalent sound pressure level, normalized to an 8-h working day, $L_{f,eq,8h}$, at workstations of ultrasonic technological devices: washers, welders and an ultrasonic sink machine [12]

czalnych. Najwyższe równoważne poziomy ciśnienia akustycznego, $L_{f,eq,8h}$, występują na stanowisku czyszczenia kuwet (rys. 3.).

Największe wartości mierzonych wielkości (równoważnych poziomów ciśnienia akustycznego, $L_{f,eq,8h}$) występują w pierwszych

trzech pasmach tercjowych kontrolowanego zakresu częstotliwości, tj. pasmach tercjowych o częstotliwościach środkowych: 10 kHz, 12,5 kHz i 16 kHz (ok. 80-101 dB), a więc w zakresie wysokich częstotliwości słyszalnych (do 20 kHz). Krotności wartości NDN w tych pasmach tercjowych zawierają się w zakresie $K_{L_{f,eq,8h}} = 1,2 \div 138,0$ (tab. 3.).

Z kolei, jak widać z tab. 2 i rys. 2 i 4., mierzone maksymalne poziomy ciśnienia akustycznego w tercjowych pasmach częstotliwości od 10 kHz do 40 kHz wahają się w granicach ok. 82-114 dB. Przekroczenia wartości dopuszczalnych występują jedynie na stanowisku czyszczenia płytek (czyszczenie sprężonym powietrzem z zastosowaniem zaworu o średnicy 3 mm) w pasmach tercjowych o częstotliwościach środkowych: 10 kHz, 12,5 kHz i 16 kHz (rys. 4.), ($K_{L_{f,max}} = 1,4 \div 2,4$, tab. 4.).

Porównując uzyskane wyniki badań hałasu ultradźwiękowego na wybranych stanowiskach pracy z wynikami badań hałasu technologicznych urządzeń ultradźwiękowych (rys. 5.), [13] można stwierdzić, że w przy-

Tabela 3. Krotności przekroczenia równoważnego poziomu ciśnienia akustycznego $K_{L_{f_{eq}, 8h}}$ w tercjach pasmach o częstotliwości środkowej f , odniesione do 8-godzinnej dnia pracyTable 3. Multiplicity of exceeding the equivalent sound pressure level, $K_{L_{f_{eq}, 8h}}$, in one-third octave frequency band with the center frequency f , normalized to an 8-h working day

Lp.	Stanowisko	Krotność $K_{L_{f_{eq}, 8h}}$ w tercjach pasmach częstotliwości o częstotliwościach środkowych, w kHz						
		10	12,5	16	20	25	31,5	40
1.	Prasa – dysza ϕ 5 mm	1,48	1,70	1,91	0,18	0	0	0,00
2.	Prasa – dysza ϕ 6 mm	2,04	2,51	1,62	0,23	0,01	0	0
3.	Prasa – dysza ϕ 1,2 mm	0,05	0,11	0,11	0,01	0	0	0
4.	Zrywarka	1,20	1,23	1,41	0,15	0	0	0
5.	Obcinarka	1,05	1,05	1,02	0,09	0	0	0
6.	Suszenie masek – dysza ϕ 3 mm	0,05	0,07	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
7.	Czyszczenie płytek – dysza ϕ 3 mm	6,8	9,3	17,4	2,95	0,12	0,0	0,1
8.	Czyszczenie kuwet – dysza ϕ 3 mm	60,8	75,9	138,0	22,9	0,9	0,35	0,7

Tabela 4. Krotności przekroczenia maksymalnego poziomu ciśnienia akustycznego $K_{L_{f_{max}}}$ w tercjach pasmach o częstotliwościach środkowej f Table 4. Multiples of exceeding the maximum sound pressure level $K_{L_{f_{max}}}$ in one-third octave frequency band with the center frequency f

Lp.	Stanowisko	Krotność $K_{L_{f_{max}}}$ w tercjach pasmach częstotliwości o częstotliwościach środkowych, w kHz						
		10	12,5	16	20	25	31,5	40
1.	Prasa – dysza ϕ 5 mm	0,37	0,40	0,43	0,13	0,02	0,01	0,01
2.	Prasa – dysza ϕ 6 mm	0,79	0,86	0,95	0,30	0,05	0,02	0,01
3.	Prasa – dysza ϕ 1,2 mm	0,14	0,17	0,16	0,05	0,01	0,02	0,01
4.	Zrywarka	0,26	0,29	0,38	0,13	0,02	0,01	0,01
5.	Obcinarka	0,46	0,61	0,76	0,25	0,04	0,02	0,01
6.	Suszenie masek – dysza ϕ 3 mm	0,38	0,39	0,39	0,15	0,04	0,03	0,01
7.	Czyszczenie płytek – dysza ϕ 3 mm	1,40	1,62	2,37	0,99	0,18	0,1	0,15
8.	Czyszczenie kuwet – dysza ϕ 3 mm	0,52	0,56	0,69	0,22	0,04	0,02	0,04

padku tych ostatnich przekroczenia wartości dopuszczalnych występują głównie w paśmie tercjom o częstotliwości 20 kHz odpowiadającej częstotliwości roboczej danego urządzenia (generowanej przez przetwornik ultradźwiękowy).

Oceniając ryzyko zawodowe na badanych stanowiskach pracy na podstawie wyliczonych krotności wartości NDN hałasu ultradźwiękowego (tab. 3. i 4.) można stwierdzić, że ryzyko małe występuje tylko na stanowisku prasy wulkanizacyjnej – przy zastosowaniu dyszy o średnicy 1,2 mm – i stanowisku suszenia masek ($K_{L_{f_{eq}, 8h}} = 0,1$ i $K_{L_{f_{max}}} = 0,17 - 0,39$). Na pozostałych stanowiskach pracy oceniane ryzyko zawodowe jest duże ($K_{L_{f_{eq}, 8h}} > 1$) i może prowadzić do uszkodzeń słuchu. Należy podjąć działania mające na celu ograniczenie zagrożeń, np. przez stosowanie dysz o zmniejszonej prędkości wypływu sprężonego powietrza.

Podsumowanie

Jak wykazały badania, hałas ultradźwiękowy na stanowiskach pracy maszyn ze sprężonym powietrzem, takich jak prasy

wulkanizacyjne, zrywarki uszczelki i obcinarki uszczelki oraz na stanowiskach suszenia masek sitodruku, czyszczenia płytek drukowanych oraz kuwet, jest czynnikiem stwarzającym zagrożenie dla pracownika. Największe przekroczenia wartości NDN hałasu ultradźwiękowego na tych stanowiskach, w kontrolowanym zakresie częstotliwości, występują w pasmach tercjom o częstotliwościach 10 kHz, 12,5 kHz i 16 kHz. Ryzyko powstania uszkodzenia słuchu ocenia się jako duże, należy więc podjąć działania w celu ograniczenia występujących zagrożeń.

W przypadku maszyn i urządzeń, podczas pracy których występują zjawiska o charakterze aerodynamicznym, m.in. ze sprężonym powietrzem, należy przede wszystkim unikać znacznych i szybkich zmian ciśnienia strumienia przepływu lub wypływu powietrza.

Podczas pracy na tych stanowiskach oprócz narażenia na hałas istnieje zagrożenie uszkodzenia narządu wzroku na skutek powstającego pyłu, kurzu lub odłamków. Urządzenia te powinny być zatem wyposażone przez

producenta w ekrany lub osłony chroniące zarówno przed hałasem, jak i zapyleniem.

W przypadku, gdy nie jest możliwe ograniczenie hałasu innymi sposobami, konieczne jest stosowanie ochronników słuchu oraz ochron osłaniających głowę (hełmów lub przyłbic zaopatrzonych w przezroczyste ekrany).

Przedstawione w artykule wstępne wyniki pomiarów i oceny ryzyka zawodowego związanego z narażeniem na hałas ultradźwiękowy na stanowiskach pracy maszyn i urządzeń ze sprężonym powietrzem mają na celu zasygnalizowanie problemu narażenia na ten czynnik w środowisku pracy.

PIŚMIENNICTWO

- [1] J. Koton, W. Mikulski *Ryzyko zawodowe. Metodyczne podstawy oceny*. Warszawa, CIOP-PIB, 2009, s. 155-168
- [2] M. Pawlaczyk-Łuszczynska, J. Koton, M. Śliwińska-Kowalska *Hałas ultradźwiękowy – Dokumentacja proponowanych wartości dopuszczalnych poziomów narażenia zawodowego*. „Podstawy i Metody Oceny Środowiska Pracy” 2 (28) 2001, s. 55-88
- [3] M. Pawlaczyk-Łuszczynska, A. Dudarewicz, M. Śliwińska-Kowalska *Źródła ekspozycji zawodowej na hałas ultradźwiękowy – ocena wybranych urządzeń*. „Medycyna Pracy” 58 (2) 2007, s. 105-16
- [4] B. Smagowska, W. Mikulski *Hałas ultradźwiękowy na stanowiskach pracy drążarek ultradźwiękowych – ocena ryzyka zawodowego*. „Bezpieczeństwo Pracy” 10 (445) 2008, s. 18-22
- [5] A. Śliwiński *Ultradźwięki i ich zastosowania*, WNT, Warszawa 2001
- [6] W. Heiderich, M. Lange *Messung und Beurteilung von Ultraschallwellen. (Measurement and evaluation of ultrasound)*. „Die Berufsgenossenschaft” 4/1990
- [7] M. Kessler, M. Korn *Hochfrequenzlärm und Ultraschall an Labour- und Bildschirmarbeitsplätzen. Arbeitsmed. (High frequency noise and ultrasound at workplaces in laboratories and at screen working places)*. „Sozialmed. Präventivmed.” 23/1988
- [8] P. Költzsch *Aerodynamische Schallquellen. Taschenbuch Akustik*. Verlag Technik Berlin, Berlin, 1984
- [9] M. Pawlaczyk-Łuszczynska, A. Dudarewicz, M. Śliwińska-Kowalska *Theoretical Predictions and Actual Hearing Threshold Levels in Workers Exposed to Ultrasonic Noise of Impulsive Character- A Pilot Study*. „JOSE” 2007, Vol.13, No. 4, s. 409-418
- [10] 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 nr 217, poz. 1833, ze zm.; DzU nr 212 poz. 1769 z 28 października 2005 r.
- [11] M. Pawlaczyk-Łuszczynska, J. Koton, D. Augustyńska *Hałas ultradźwiękowy – Procedura pomiarowa*. „PiMOŚP” 2 (28) 2001, s. 89-95
- [12] PN-N-18002:2011 Systemy zarządzania bezpieczeństwem i higieną pracy – Ogólne wytyczne do oceny ryzyka zawodowego
- [13] B. Smagowska, W. Mikulski i in. *Ocena ryzyka zawodowego związanego z narażeniem na hałas ultradźwiękowy*. CIOP-PIB, Warszawa 2005

Publikacja opracowana na podstawie wyników II etapu programu wieloletniego pn. „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy” w latach 2011-2013 dofinansowywanego w zakresie badań naukowych i prac rozwojowych ze środków Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego. Koordynator programu: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy.