

dr inż. JAN RADOSZ (ORCID: 0000-0001-8542-7799)

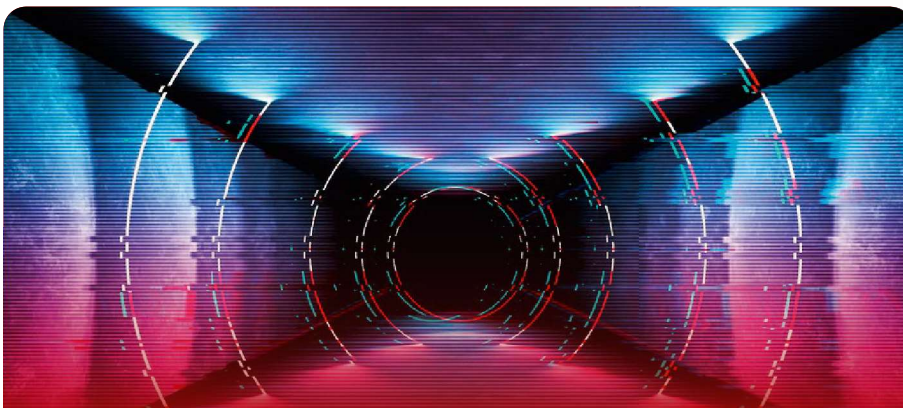
Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy

Kontakt: jarad@ciop.pl

DOI: 10.5604/01.3001.0013.7301

Ocena hałasu tonalnego w środowisku pracy

Fot. DamienGeso/Bigstockphoto



Hałas jako stresor może przyczyniać się do rozwoju różnego typu chorób, powodować rozproszenie uwagi, utrudniać pracę i zmniejszać wydajność pracowników. Elementy wyposażenia technicznego budynku, jak również urządzenia biurowe mogą emitować wyraźne dźwięki o charakterze tonalnym. Powszechne występowanie tych urządzeń w środowisku pracy przekłada się potencjalnie nawet na kilkaset tysięcy stanowisk pracy w Polsce. Liczne doniesienia literaturowe wskazują, że uciążliwość hałasu tonalnego oceniana subiektywnie jest większa niż hałasu szerokopasmowego.

W ocenie środowiska pracy brak jest kryteriów dotyczących hałasu tonalnego zarówno w pomieszczeniach (normy budowlane), jak i w zakresie hałasu na stanowiskach pracy (ocena pod względem uciążliwości). W artykule dokonano przeglądu istniejących przepisów, przeanalizowano dane literaturowe oraz podano wyniki badań prowadzonych w CIOP-PIB w zakresie uciążliwości hałasu tonalnego.

Słowa kluczowe: hałas tonalny, uciążliwość, kryteria, stanowiska pracy

Evaluation of tonal noise in work environment

Noise as a stressor may contribute to the development of various types of illnesses, cause distraction, hinder work and reduce employee's productivity. The elements of the technical equipment of the building as well as office equipment can emit perceptible tonal sounds. The widespread presence of these devices in the work environment potentially translates into several hundred thousand jobs in Poland that may relate to this issue. Numerous literature reports indicate that the annoyance of the tonal noise assessed subjectively is greater than that of the broadband noise. In the assessment of the working environment, there are no criteria regarding the tonal noise either in the rooms (building standards) or in the field of noise at workplaces (assessment in terms of annoyance). The article reviews existing legislation, analyses literature data and provides the results of surveys regarding the tonal noise annoyance carried out in CIOP-PIB.

Keywords: tonal noise, annoyance, criteria, workstands

Wstęp

Hałas to każdy niepożądany dźwięk, który może być albo uciążliwy, albo szkodliwy dla zdrowia lub zwiększać ryzyko wypadku przy pracy [1]. Hałas, poza oddziaływaniem na narząd słuchu, jako stresor może przyczyniać się do rozwoju różnego typu chorób, powodować rozproszenie uwagi, utrudniać pracę i zmniejszać jej wydajność [2]. Zgodnie z definicją ISO/TS 15666 [3] uciążliwość wynikająca

z ekspozycji na hałas jest indywidualną, niekorzystną reakcją osoby, wpływającą na niezadowolenie, niepokój, zirygowanie, zakłócenie spokoju. Światowa Organizacja Zdrowia (WHO) wiąże uciążliwość hałasu z niekorzystnym wpływem na zdrowie i definiuje ją jako doświadczenie wielu różnych reakcji, takich jak gniew, rozczarowanie, niezadowolenie, wyczerpanie, bezradność, depresja, lęki, rozproszenie uwagi, wyczerpanie [2]. Najistotniej powiązaną z percepcją uciążliwości charakterystyką hałasu jest

głośność. Do jej oceny powszechnie stosuje się parametry związane z poziomem ciśnienia akustycznego, jednak liczne badania wskazują, że za pomocą tych parametrów – ze względu na inne charakterystyki akustyczne oraz czynniki pozaakustyczne – można przewidzieć jedynie niewielką część percepcji uciążliwości [4]. Inne dane literaturowe jednoznacznie wskazują, że tonalność hałasu jest jedną z ważniejszych pozostałych charakterystyk hałasu, które należy rozpatrywać oceniając uciążliwość [5].

Hałas tonalny można zdefiniować jako taki, w którego widmie występują tonalne składowe częstotliwościowe. W środowisku pracy dźwięki tonalne mogą emitować urządzenia biurowe – komputery, drukarki, sprzęt telekomunikacyjny oraz elementy wyposażenia technicznego budynku (wentylacja, klimatyzacja), [6, 7]. Na rynku krajowym, urządzenia te występują powszechnie na kilkaset tysięcy stanowisk pracy: w pomieszczeniach administracyjnych, biurach projektowych czy w pracy związanej z opracowywaniem danych itp. Hałas tonalny może również występować na stanowiskach pracy w obiektach znajdujących się w pobliżu elektrowni wiatrowych [8].

Celem artykułu jest przedstawienie możliwości oceny hałasu tonalnego w środowisku pracy oraz wpływu tego rodzaju hałasu na możliwość realizacji zadań przez pracowników.

Wartości dopuszczalne hałasu w środowisku pracy

Niezależnie od charakteru hałasu zgodnie z rozporządzeniem Ministra Rodziny, Pracy i Polityki Społecznej z 12 czerwca 2018 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy hałas w środowisku pracy określa się przez: poziom ekspozycji na hałas odniesiony do 8-godzinnego dobowego lub tygodniowego wymiaru czasu pracy, maksymalny poziom dźwięku A oraz szczytowy poziom dźwięku C [9]. W celu uwzględnienia pozasłuchowych skutków oddziaływania hałasu i wynikającej z nich uciążliwości, należy odnieść się do dopuszczalnych wartości hałasu ze względu na możliwość realizacji przez pracownika jego podstawowych zadań, podanych w PN-N-01307:1994 (tab.), [10]. Przedstawione wartości dopuszczalne odnoszą się jednak jedynie do poziomów ciśnienia akustycznego i nie obejmują innych charakterystyk dźwięku, w tym tonalności.

Tabela. Dopuszczalne wartości hałasu ze względu na możliwość realizacji przez pracownika jego podstawowych zadań wg PN-N-01307:1994 [10]

Table. Admissible noise values due to the employee's ability to perform his basic tasks according to PN-N-01307:1994 [10]

Lp.	Stanowisko pracy	Równoważny poziom dźwięku A w czasie pobytu pracownika na stanowisku pracy, $L_{Aeq,T}$
1.	W kabinach bezpośredniego sterowania bez łączności telefonicznej, w laboratoriach ze źródłami hałasu, w pomieszczeniach z maszynami i urządzeniami liczącymi, maszynami do pisania, dalekopisami i w innych pomieszczeniach o podobnym przeznaczeniu	75 dB
2.	W kabinach dyspozytorskich, obserwacyjnych i zdalnego sterowania z łącznością telefoniczną używaną w procesie sterowania, w pomieszczeniach do wykonywania prac precyzyjnych i w innych pomieszczeniach o podobnym przeznaczeniu	65 dB
3.	W pomieszczeniach administracyjnych, biur projektowych, do prac teoretycznych, opracowywania danych i innych o podobnym przeznaczeniu	55 dB

Czynniki wpływające na odczuwaną uciążliwość hałasu

Charakterystykę dźwięku uzyskujemy poprzez fizyczny pomiar określonego parametru. W badaniach uciążliwości hałasu często przyjmuje się, że podstawową charakterystyką określającą dźwięk w kontekście uciążliwości jest poziom dźwięku A, poziom głośności (ang. *loudness*), czy nawet odczuwany poziom głośności (ang. *perceived noise level*), [11]. Wykazano jednak, że charakterystyka ta, stosowana samodzielnie, przewiduje jedynie niewielką część percepcji uciążliwości – najwyżej 30% [4]. Na odczuwanie uciążliwości hałasu mają również wpływ przede wszystkim tonalność i impulsowość dźwięku. W licznych badaniach wykazano, że te dwie dodatkowe charakterystyki należy uwzględnić w ocenie uciążliwości hałasu [12, 13]. W szczególności zwrócono uwagę na tonalność w obszarze wyposażenia biurowego, urządzeń wentylacji i klimatyzacji oraz hałasu lotniczego [14, 15]. Niektóre wyniki badań wskazują również na potrzebę uwzględnienia w ocenie uciążliwości składowych harmonicznych [16, 17]. Nie zaproponowano jednak sposobu parametryzacji tych składowych oraz metody uwzględnienia ich w ocenie.

Istnieje wiele czynników wpływających na odczuwaną uciążliwość hałasu nie związanych z charakterystyką dźwięku. Można je podzielić na dwie grupy: kontekst badań uciążliwości hałasu oraz cechy osobiste osób uczestniczących w tych badaniach. Pedersen do pierwszej grupy zaklasyfikował porę dnia, miejsce badań oraz wykonywania zadania podczas badania [18]. Wskazał również, że wyniki badań laboratoryjnych nie będą identyczne z wynikami badań w warunkach rzeczywistych ze względu na kontrolowane środowisko badawcze. Kroesen natomiast wykazał, że na wyniki w badaniach uciążliwości może mieć wpływ kontekst ankiety – na ocenę uciążliwości źródła hałasu wpływały poprzednie pytania zawarte w ankiecie [19].

Wskazywana przez badanych uciążliwość hałasu lotniczego w kontekście innych źródeł była wyższa niż w przypadku odrębnej oceny tego hałasu. Do drugiej grupy można zaliczyć m.in. wrażliwość na hałas, subiektywny stosunek do określonego źródła dźwięku, wiek, płeć, percepcję otoczenia, uwarunkowania kulturowe, czas spędzany w domu, doświadczenia dnia codziennego. Spośród tych czynników w badaniach uciążliwości najwięcej uwagi przywiązuje się do wrażliwości na hałas [20], dla której opracowano kilka skal oceny, w tym skalę Shutte'a [21].

Parametry akustyczne do oceny hałasu tonalnego

Jedną z najprostszych metod określania tonalności hałasu polega na pomiarze poziomów ciśnienia akustycznego w pasmach 1/3 oktaowych wg ISO 1996-2 [28]. Obecność tonów w hałasie jest określana poprzez porównanie poziomów ciśnienia akustycznego z sąsiadujących pasm 1/3 oktaowych. Najpowszechniej stosowanymi parametrami do określania tonalności są stosunek tonu do szumu (TNR – ang. *tone to noise ratio*) i wskaźnik wydatności (PR – ang. *prominence ratio*). Do obliczania TNR i PR wykorzystuje się analizę widmową FFT (szybka transformacja Fouriera) bez stosowania charakterystyk częstotliwościowych. Kolejnym z powszechnie stosowanych parametrów jest słyszalność tonalna ΔL , zdefiniowana w ISO 1996-2 [28]. Wyznacza się ją z wykorzystaniem wąskopasmowego widma hałasu (zalecana analiza widmowa FFT) skorygowanego charakterystyką częstotliwościową A. Poza omówionymi parametrami, które są obecnie powszechnie stosowane w różnych zagadnieniach akustyki (np. badania emisji hałasu maszyn i urządzeń, hałas środowiskowy), można wyróżnić m.in. kontrast widmowy (ang. *Spectral Contrast*), stosunek szumu do harmonicznych (ang. *Noise-to-Harmonic Ratio*) czy model tonalności Auresa (metryka tonalności uwzględniająca częstotliwość, szerokość pasma i poziomy wszystkich elementów tonalnych występujących w hałasie). Niemniej jednak, nie zostały one dostatecznie zweryfikowane i zaadaptowane do szerszego zastosowania przez środowisko akustyczne przy badaniach hałasu tonalnego.

Wpływ hałasu tonalnego na możliwość realizacji zadań

W dotychczasowych badaniach ekspozycji człowieka na różne sygnały dźwiękowe wykorzystywano szeroki zakres zadań poznawczych: zapamiętywanie kolejności liczb, zapamiętywanie słów, krzyżówki, znajdowanie błędów w tekście, jednoczesne wykonywanie wielu zadań, kompleksowe zadania obejmujące pisanie, rozumienie tekstu oraz testy matematyczne [22, 23]. Wyniki badań na ww. temat bywają ze sobą sprzeczne. Laird wykazał np., że tony złożone zwiększają liczbę błędów w eksperymentach laboratoryjnych [24]. Sugerował, że tony powyżej 512 Hz mają większy wpływ na poprawność wykonywanych zadań niż tony niskoczęstotliwościowe. Do podobnych wniosków

doszedł Grjaldi, badając tony z zakresu 2400 Hz – 4800 Hz [25]. Z kolei Ryherd i Wang, badając wpływ sześciu różnych hałasów tła w powiązaniu z odpowiednimi poziomami tonów, nie wykazali zależności istotnych statystycznie między poprawnością zadań a tonalnością hałasu [26]. Niemniej jednak, na podstawie obserwowanych tendencji, zalecali w przyszłych badaniach zwiększenie zakresu badanych sygnałów tonalnych.

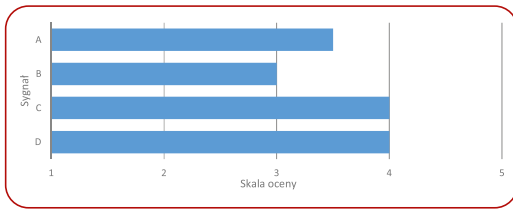
Podobne badania przeprowadzono w CIOP-PIB [27]. Składały się z części kwestionariuszowej oraz komputerowych testów psychologicznych. Osoby badane wykonywały określone zadania na komputerze (testy psychologiczne), a następnie dokonywali oceny sygnałów testowych za pomocą kwestionariusza zawierającego ocenę uciążliwości generowanego sygnału, ocenę głośności sygnału oraz ocenę trudności utrzymania określonej wydajności pracy i wysiłku psychicznego związanego z wykonywaniem zadań (na podstawie kwestionariusza NASA Task Load Index). Do badań zastosowano Wiedeński System Testów oraz wybrano 3 rodzaje testów psychologicznych do oceny wydajności badanych osób w warunkach ekspozycji na generowane sygnały testowe: test uwagi i koncentracji COG, test ciągłości uwagi DAUF oraz test wydajność pracy ALS. Na stanowisku badawczym skompletowano zestaw niezbędnej aparatury pomiarowej i diagnostycznej oraz opracowano cztery rodzaje generowanych sygnałów testowych (filtrowany szum – A, oraz trzy sygnały ze składowymi tonalnymi 125 Hz, 1600 Hz oraz 8000 Hz – B, C i D) o tym samym poziomie dźwięku A wynoszącym 55 dB¹. W badaniach laboratoryjnych w doborze próby zastosowano metodę doboru nielosowego polegającą na ustaleniu z góry charakterystyk, jakim mają odpowiadać poszczególne osoby w próbie (wiek poniżej 50 lat oraz kwalifikacja audiometryczna). Strukturę próby w tym przypadku formowano w sposób arbitralny. W badaniach wzięło udział 50 osób (25 mężczyzn oraz 25 kobiet). Średnia wieku wynosiła 30,4 lat.

Na podstawie wyników kwestionariusza wrażliwości na hałas wykazano, że grupa badanych osób była zróżnicowana pod względem wrażliwości na hałas (18% wrażliwych na hałas, 18% niewrażliwych na hałas oraz pozostałe osoby o umiarkowanej wrażliwości na hałas – 64%).

Wyniki subiektywnej oceny uciążliwości rozpatrywanych sygnałów przedstawiono na rys. 1. Badane sygnały były oceniane w zakresie od lekko uciążliwych do ekstremalnie uciążliwych zgodnie z ISO/TS 15666:2003 (ze względu na dane wyrażone na skali porządkowej na rys. 1, przedstawiono mediany). Przeciętnie sygnały A i B były oceniane jako umiarkowanie uciążliwe, natomiast sygnały C i D – jako bardzo uciążliwe.

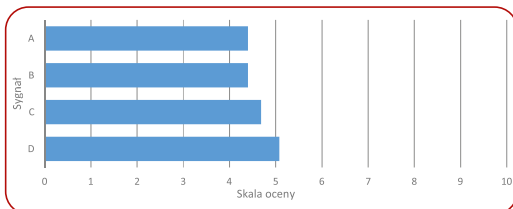
Wyniki subiektywnej oceny wysiłku psychicznego związanego z wykonywaniem zadań w warunkach obecności poszczególnych sygnałów (rys. 2.) zawierały się w zakresie od 1 do 9 (na skali oceny od 0 do 10). Mimo dużej rozpiętości ocen przeciętne wartości kształtowały się na podobnym poziomie dla wszystkich sygnałów (od 4 do 5). Ogólnie rzecz biorąc, można uznać, że dla badanych osób zadania

¹ Wartość dopuszczalna w pomieszczeniach administracyjnych, biur projektowych, do prac teoretycznych, opracowywania danych i innych o podobnym przeznaczeniu zgodnie z PN-N-01307:1994 [0].



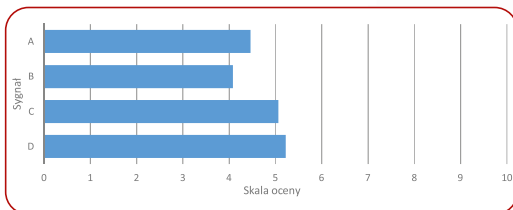
Rys. 1. Wyniki subiektywnej oceny uciążliwości sygnałów – mediany (1 – w ogóle nieuciążliwy; 2 – lekko uciążliwy; 3 – umiarkowanie uciążliwy; 4 – bardzo uciążliwy; 5 – ekstremalnie uciążliwy)

Fig. 1. Results of the subjective evaluation of the annoyance of signals (0 – not at all; 1 – slightly; 2 – moderately; 3 – very; 4 – extremely)



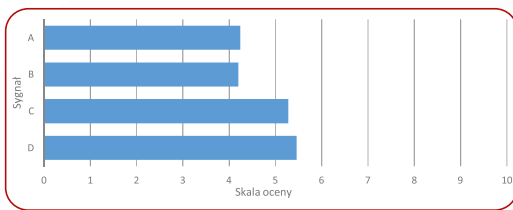
Rys. 2. Wyniki subiektywnej oceny wysiłku psychicznego związanego z wykonywaniem zadań w warunkach obecności poszczególnych sygnałów – wartości średnie

Fig. 2. The subjective assessment of how demanding the tasks were in the tested conditions; medians



Rys. 3. Subiektywna ocena głośności sygnału – wartości średnie

Fig. 3. The subjective assessment of the signal loudness



Rys. 4. Subiektywna ocena trudności utrzymania określonej wydajności pracy podczas wykonania zadania w warunkach obecności poszczególnych sygnałów – wartości średnie

Fig. 4. The subjective assessment of difficulty of completing the task

były umiarkowanie wymagające. Ze względu na zebrane dane wyrażone na skali interwałowej na rys. 2. przedstawiono wartości średnie.

Wyniki subiektywnej oceny głośności sygnału przedstawiono na rys. 3. Zaobserwowano dużą rozpiętość poszczególnych ocen (od 0 do 10 na skali oceny). Przeciętne wartości oceny wskazują natomiast na umiarkowaną głośność badanych sygnałów. Ze względu na zebrane dane wyrażone na skali interwałowej na rys. 3. pokazano wartości średnie.

Wyniki subiektywnej oceny trudności utrzymania określonej wydajności pracy podczas wykonania zadania w warunkach obecności poszczególnych sygnałów przedstawiono na rys. 4. Podobnie jak w przypadku oceny głośności sygnałów, zaobserwowano dużą rozpiętość poszczególnych ocen (od 0 do 9 na skali oceny). Przeciętne wartości oceny

wskazują natomiast na umiarkowaną trudność wykonania zadań. Ze względu na zebrane dane wyrażone na skali interwałowej na rys. 4. przedstawiono wartości średnie.

Podsumowanie

Do przeprowadzenia oceny hałasu tonalnego w środowisku pracy trzeba ustanowić kryteria oceny. W tym celu niezbędne jest przeprowadzenie badań subiektywnych uciążliwości w powiązaniu z obiektywną oceną parametryczną hałasu. Analiza danych literaturowych oraz wyniki badań prowadzonych w CIOP-PIB, nie dają obecnie przesłanek do stosowania korekcji wyniku pomiaru ze względu na tonalność, jak na przykład ma to miejsce w pomiarach hałasu środowiskowego zgodnie z ISO 1996-2 [28].

W celu ustanowienia kryteriów oceny uciążliwości hałasu tonalnego w środowisku pracy należy prowadzić dalsze badania w tym zakresie oraz zwrócić szczególną uwagę na stosowane w badaniach bodźce akustyczne, używane metody oceny wydajności lub poprawności wykonywanych zadań, występowanie w warunkach rzeczywistych tonów złożonych lub harmonicznych oraz pozaakustyczne czynniki, takie jak indywidualna wrażliwość na hałas. Pomocne mogą być również modele dawka-odpowiedź. W tych modelach bada się zależność między poziomami hałasu a uciążliwością. Ogólnie rzecz biorąc, procentowy stosunek osób odczuwających dużą lub umiarkowaną uciążliwość jest przewidywany za pomocą modelu powiązanego z parametrami do oceny hałasu, np. równoważnym poziomem dźwięku A. Dotychczasowe modele dawka-odpowiedź opracowano dla takich źródeł hałasu jak turbiny wiatrowe, hałas lotniczy, hałas drogowy oraz hałas kolejowy. Nie opracowano natomiast do tej pory wiarygodnych modeli dawka-odpowiedź w odniesieniu do hałasu tonalnego.

BIBLIOGRAFIA

[1] Rozporządzenie Ministra Gospodarki i Pracy z dnia 5 sierpnia 2005 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy pracach związanych z narażeniem na hałas lub drgania mechaniczne (Dz.U.2005.157.1318).

[2] Burden of disease from environmental noise. Quantification of healthy life years lost in Europe. World Health Organization 2011

[3] ISO, ISO/TS 15666:2003 Acoustics – Assessment of Noise Annoyance by Means of Social and Socio-Acoustic Surveys, 2003.

[4] BROCOLINI, L. et al. Prediction and Explanation of Sound Quality Indicators by Multiple Linear Regressions and Artificial Neural Networks, Acoustics 2012 Nantes. Nantes, France: 2012: 2127-2132.

[5] LEE, J. The Effects of Tones in Noise on Human Annoyance and Performance. Architectural Engineering – Dissertations and Student Research. 2016, Paper 39.

[6] PLEBAN, D. Definition and Measure of the Sound Quality of the Machine. Archives of Acoustics 2014, 39, 1:17-23.

[7] SOTTEK, R. Progress in calculating tonality of technical sounds, INTER-NOISE and NOISE-CON Congress and Conference Proceedings. Institute of Noise Control Engineering 2014, Vol. 249. No. 4.

[8] PALMER, K.G. Wind Turbine Annoyance – a clue from acoustic room modes [access: 25.07.2018] <http://wndfo.net/D4196>.

[9] Rozporządzenie Ministra Rodziny, Pracy i Polityki Społecznej z dnia 12 czerwca 2018 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy (Dz.U. 2018 poz. 1286).

[10] PKN, PN-N-01307:1994 Hałas – Dopuszczalne wartości parametrów hałasu w środowisku pracy – Wymagania dotyczące wykonywania pomiarów, 1994.

[11] KHAN, M. S., JOHANSSON, O., SUNDBACK, U. Evaluation of Annoyance Response to Engine Sounds Using Different Rating Methods, International Congress on Noise Control Engineering 1996, 2517-2520.

[12] MARQUIS-FAVRE, C., PREMAY, E., AUBRÉE, D. Noise and Its Effects – a Review on Qualitative Aspects of Sound. Part II: Noise and Annoyance, Acta Acustica united with Acustica 91.4, 2005, 626-642.

[13] PEDERSEN, T.H. The “Genlyd” Noise Annoyance Model: Dose-Response Relationships Modelled by Logistic Functions, DELTA Acoustics & Electronics: Hørsholm, Denmark, 2007.

[14] KYOUNG HOON, L., DAVIES, P. and SURPRENANT, A.M. Quantification of the Tonal Prominence of Complex Tones in Machinery Noise. Noise-Con 04. The National Conference on Noise Control Engineering, 2004.

[15] SHASHIKANT, M., DAVIES, P. Human Responses to the Tonalness of Aircraft Noise. Noise Control Engineering Journal 58.4 2010:420-440.

[16] KYOUNG HOON, L., DAVIES, P. and SURPRENANT A.M. Tonal Strength of Harmonic Complex Tones in Machinery Noise. The Journal of the Acoustical Society of America 118.3 2005:1921-1921.

[17] HIDEYOSHI, Y., YOKOO, S. and MURAKAMI, T. Effect of Tonal Harmonic Feature in Product Noise on Emotional Quality. Improving Complex Systems Today. London: Springer, 2011, 469-476.

[18] PEDERSEN, T.H. The “Genlyd” Noise Annoyance Model: Dose-Response Relationships Modelled by Logistic Functions, DELTA Acoustics & Electronics: Hørsholm, Denmark, 2007.

[19] KROESEN, M. et al. Measuring Subjective Response to Aircraft Noise: The Effects of Survey Context. The Journal of the Acoustical Society of America 133.1 2013:238-46.

[20] JOB, R.F. SOAMES. Noise Sensitivity as a Factor Influencing Human Reaction to Noise. Noise & Health 1.3 1999:57-68.

[21] SCHUTTE, M. et al. The Development of the Noise Sensitivity Questionnaire. Noise and Health 9.34 2007:15. Seattle. Seattle Municipal Code Chapter 25.08 Noise Control. 2007.

[22] ANGE, E., CHEVRET P., and PARIZET E. Work Performance and Mental Workload in Multiple Talker Environments. Proceedings of Meetings on Acoustics. Vol. 19. Acoustical Society of America, 2013.

[23] SAEKI T. et al., Effects of Acoustical Noise on Annoyance, Performance and Fatigue during Mental Memory Task, Applied Acoustics 2004, 65.9,913-921.

[24] LAIRD, D. The Influence of Noise on Production and Fatigue, as Related to Pitch, Sensation Level, and Steadiness of the Noise. Journal of Applied Psychology 17.3 1933:320-330.113.

[25] GRJMALDI, J.V. Sensori-Motor Performance under Varying Noise Conditions, Ergonomics 2.1 1958, 34-43.

[26] RYHERD, E.E., WANG, L.M. Implications of Human Performance and Perception under Tonal Noise Conditions on Indoor Noise Criteria, The Journal of the Acoustical Society of America 124.1, 2008, 218-26.

[27] RADOSZ, J. Pilot study on the influence of tonal noise annoyance on work performance. Proceedings of 25th International Congress on Sound and Vibration, 8-12 July, Hiroshima, Japan.

[28] ISO 1996-2:2017, Acoustics – Description, measurement and assessment of environmental noise -- Part 2: Determination of sound pressure levels, 2017.

Publikacja opracowana na podstawie wyników IV etapu programu wieloletniego pn. „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy”, sfinansowanego w latach 2017-2019 w zakresie zadań służb państwowych przez Ministerstwo Rodziny, Pracy i Polityki Społecznej. Koordynator programu: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy.