



Badania uciążliwości hałasu niskoczęstotliwościowego w pomieszczeniach do prac biurowych i koncepcyjnych

dr inż. ANNA KACZMARSKA
dr inż. WITOLD MIKULSKI
Centralny Instytut Ochrony Pracy
– Państwowy Instytut Badawczy

dr inż. MAŁGORZATA PAWLACZYK-ŁUSZCZYŃSKA
Instytut Medycyny Pracy im. prof. J. Nofera w Łodzi

W artykule przedstawiono wyniki badań analizy uciążliwości hałasu niskoczęstotliwościowego występującego na stanowiskach pracy zlokalizowanych w pomieszczeniach biurowych. W ramach badań przeprowadzono pomiary wielkości akustycznych charakteryzujących ten rodzaj hałasu oraz ankietę wśród osób zatrudnionych na tych stanowiskach.

A study of the annoyance of low-frequency noise in rooms for office and conceptual work

This article presents the results of tests of the annoyance of low-frequency noise that occurs at office workstations. The tests covered measurements of acoustic parameters specific for this type of noise and a survey at the work environment.

Wprowadzenie

Hałas niskoczęstotliwościowy (w tym infradźwiękowy) jest jednym ze szkodliwych i uciążliwych czynników środowiska pracy oraz życia człowieka. Obowiązujące w środowisku pracy (przede wszystkim w warunkach przemysłowych) wartości dopuszczalne hałasu infradźwiękowego*, wartości NDN zawarte w rozporządzeniu ministra pracy i polityki społecznej w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy [1], ustalone są ze względu na szkodliwość tego hałasu dla zdrowia człowieka, głównie oddziaływanie infradźwięków na słuch i cały organizm.

Obecnie brak jest kryterium dotyczące uciążliwości hałasu infradźwiękowego i niskoczęstotliwościowego w środowisku pracy. Szczególnie mocno jest to dostrzegane na stanowiskach pracy, gdzie są wykonywane prace koncepcyjne, bądź wymagana jest duża koncentracja uwagi.

Dominującym skutkiem wpływu infradźwięków i dźwięków o niskiej częstotliwości na organizm podczas ekspozycji zawodowej jest ich działanie uciążliwe, występujące już przy niewielkich przekroczeniach progu słyszenia.

* Wartości dopuszczalne hałasu infradźwiękowego na stanowiskach pracy wynoszą: równoważny poziom ciśnienia akustycznego skorygowany charakterystyką częstotliwościową G odniesiony do 8-godzinnej doby wymiaru czasu pracy $L_{\text{seq}} = 102$ dB, szczytowy nieskorygowany poziom ciśnienia akustycznego, $L_{\text{Npeak}} = 145$ dB. Wartości te obowiązują na wszystkich stanowiskach pracy bez względu na to, jaki jest charakter wykonywanej pracy. Niższe wartości dopuszczalne ($L_{\text{seq}} = 86$ dB, $L_{\text{Npeak}} = 135$ dB) obowiązują dla kobiet w ciąży i pracowników młodocianych.

Uciążliwość definiuje się potocznie jako uczucie dyskomfortu i niezadowolenia, związane z określonym czynnikiem, który w ocenie jednostki lub grupy wywołuje niekorzystny wpływ [2]. Według badań prowadzonych w kraju i zagranicą, uciążliwe działanie hałasu niskoczęstotliwościowego i infradźwiękowego charakteryzuje się na ogół subiektywnie określonymi stanami nadmiernego zmęczenia, dyskomfortu, senności, zaburzeniami równowagi, sprawności psychomotorycznej oraz zaburzeniami innych funkcji fizjologicznych [3]. Badania wykazują, że infradźwięki (1-20 Hz) i dźwięki o niskich częstotliwościach są odbierane w organizmie specyficzną drogą słuchową, głównie przez narząd słuchu i układ przedsionkowy. Słyszalność ich zależy od poziomu ciśnienia akustycznego. Progi słyszenia infradźwięków są wysokie i wynoszą przykładowo przy częstotliwości 12-16 Hz ok. 90 dB, a przy częstotliwości 32 Hz – ok. 65 dB [4]. Stwierdzono jednak dużą zmienność osobniczą w zakresie percepcji słuchowej, szczególnie w odniesieniu do najniższych częstotliwości.

Poza specyficzną drogą słuchową, infradźwięki i dźwięki o niskich częstotliwościach są odbierane przez receptory czucia wibracji. Możliwość odbioru dźwięków o niskich częstotliwościach i infradźwięków przez wiele struktur czuciowych organizmu, takich jak: receptory czucia wibracji, mechanoreceptory skóry, pozareceptorowe struktury ucha oraz narząd równowagi, powoduje swoistą inwazję energetyczną podczas ekspozycji, przekazywaną do ośrodkowego układu nerwowego. Może to być wyjaśnieniem dużej uciążliwości

infradźwięków i dźwięków o niskich częstotliwościach, przy poziomach nieznacznie przekraczających poziomy detekcji.

Podstawowymi skutkami związanymi z uciążliwością hałasu niskoczęstotliwościowego i infradźwięków mogą być zakłócenie i pogorszenie sprawności intelektualnej oraz zmniejszenie wydajności pracy pracowników. W reakcji ludzi na hałas niskoczęstotliwościowy obserwuje się duże indywidualne różnice, zależne nie tylko od czynników akustycznych.

Na stopień uciążliwości hałasu oddziałującego na człowieka ma wpływ wiele czynników zarówno akustycznych jak i subiektywnych osobniczych, np: osobisty stosunek do źródła hałasu (akceptacja hałasu), przyzwyczajenie, czułość słuchu i indywidualna wrażliwość. Niektóre osoby narażone na ten rodzaj hałasu skarżą się na uczucie irytacji, niepokoju i stresu.

Problem uciążliwości bywa rozważany z różnych punktów widzenia: psychologicznego, fizjologicznego, socjologicznego i akustycznego. W ramach każdego rozpatrywanego aspektu można wskazać odmienną grupę czynników decydujących o powstawaniu wrażenia uciążliwości. Wrażliwość na różnego typu hałas zależy często od uwarunkowań kulturowych, regionalnych, środowiskowych, bytowych itp.

Obecny stan wiedzy nie pozwala określić zadowalającej zgodności pomiędzy subiektywną oceną uciążliwości a wartościami odpowiednich wskaźników oceny hałasu niskoczęstotliwościowego.

Dotychczas nie ma międzynarodowych, uzgodnionych regulacji prawnych dotyczących oceny ekspozycji zawodowej na hałas niskoczęstotliwościowy ze względu na kryterium uciążliwości. Jednakże w krajach Unii Europejskiej są prowadzone prace poświęcone temu zagadnieniu [3]. Badania wpływu hałasów niskoczęstotliwościowych

oraz infradźwięków na organizm człowieka od wielu lat są prowadzone również w naszym kraju, w tym w Centralnym Instytucie Ochrony Pracy – Państwowym Instytucie Badawczym (CIOP-PIB), Instytucie Medycyny Pracy, Instytucie Techniki Budowlanej i Akademii Górniczo-Hutniczej [2, 5, 6, 7, 8].

W dalszym ciągu tego artykułu omówione zostaną wyniki badań nad uciążliwością hałasu niskoczęstotliwościowego w środowisku pracy, prowadzonych obecnie w CIOP-PIB [9, 10, 11].

Badania uciążliwości hałasu niskoczęstotliwościowego w pomieszczeniach do prac biurowych i koncepcyjnych

Pilotażowe badania hałasu przeprowadzone przez CIOP-PIB w budynkach biurowych wykazały częste skargi pracowników na uciążliwy, drażniący, przeszkadzający w pracy, męczący lub powodujący nadmierną senność hałas infradźwiękowy i niskoczęstotliwościowy, mimo że nie stwierdzono tam występowania przekroczeń obowiązujących wartości NDN.

Wyniki przeprowadzonej w czasie badań ankiety, dotyczące uciążliwości hałasu w pomieszczeniach biurowych [9, 10, 12], wskazują, że największy procent osób badanych skarży się na takie uciążliwości spowodowane hałasem, jak rozproszenie uwagi (liczba osób skarżących się od 37% do 60% w budynkach) i utrudnienie pracy (od 32% do 57%).

Jak wykazują badania i obserwacje własne, ok. 50% osób skarżących się na hałas występujący w pomieszczeniach biurowych, dotyczy hałasów niskoczęstotliwościowych od urządzeń zainstalowanych w budynku lub poza nim, w tym od systemu klimatyzacyjnego i wentylacji, urządzeń związanych z siecią informatyczną, transformatorów zlokalizowanych w budynku, dźwigów (wind) oraz hałasu zewnętrznego, głównie pochodzącego od zlokalizowanych w pobliżu placów budowy lub ruchu komunikacyjnego, szczególnie w przypadku ciężkiego ruchu drogowego oraz pojazdów szynowych.

W celu dokładniejszego rozeznania zagadnienia dotyczącego uciążliwości hałasu niskoczęstotliwościowego w środowisku pracy biurowej przeprowadzono badania ankietowe w grupie $n = 51$ osób (23 kobiety i 28 mężczyzn), w wieku od 28 do 57 lat, z wykształceniem średnim lub wyższym, zatrudnionych na różnych stanowiskach pracy w pomieszczeniach biurowych [9, 10, 12].

• Badaniami objęto stanowiska pracy zlokalizowane w pomieszczeniach:

– laboratoryjnych z aparaturą analityczną, wyciągami wentylacyjnymi i/lub klimatyzacją ($n = 24$, grupa I)

– biurowych, w tym w pomieszczeniach z klimatyzacją, zlokalizowanych w budynkach z innymi źródłami hałasu ($n = 10$, grupa II)

– biurowych (w tym klimatyzowanych), zlokalizowanych na terenie zakładów przemysłowych, w sąsiedztwie źródeł hałasu w budynku lub/i poza budynkiem ($n = 17$, grupa III).

• Badania ankietowe zostały poprzedzone szczegółową oceną warunków akustycznych w miejscu przebywania pracowników.

Przeprowadzono pomiary:

– poziomu dźwięku A przenikającego do pomieszczenia od wszystkich źródeł hałasu łącznie, w tym od wyposażenia technicznego budynku oraz innych urządzeń w budynku i poza budynkiem (5-minutowe pomiary w 3 punktach pomieszczenia, w tym na stanowisku pracy)

– poziomu ciśnienia akustycznego skorygowanego charakterystyką częstotliwościową G i nieskorygowanego poziomu ciśnienia akustycznego (trzy 5-minutowe pomiary).

• Ankietowane osoby proszono o:

– podanie ogólnych informacji: wieku, płci, wykształcenia, stanowiska pracy, stażu pracy

– zdeklarowanie się, czy zwracają uwagę na hałas w miejscu pracy

– opisanie charakteru hałasu w miejscu pracy

– samoocenę stanu słuchu.

• Zastosowano 100-punktową skalę uciążliwości hałasu SUH oraz ankietę odczuć i dolegliwości związanych z ekspozycją na hałas (ocena jakościowa), jako subiektywną metodę oceny wrażeń związanych z oddziaływaniem hałasu niskoczęstotliwościowego w miejscu pracy.

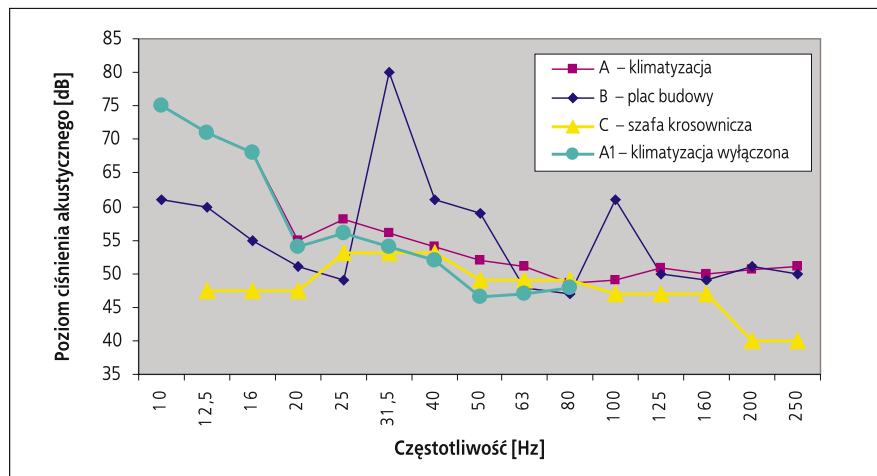
Ankietowane osoby były ekspozowane na hałas o równoważnym poziomie ciśnienia akustycznego skorygowanym charakterystyką częstotliwościową:

• A: w zakresie od 41,4 dB do 65,3 dB (średnio 55,3 dB)

• C: w zakresie od 53,4 dB do 84,6 dB (średnio 66,5 dB)

• G: w zakresie od 64,6 dB do 82,9 dB (średnio 74,2 dB).

Udział niskich częstotliwości (10-250 Hz) w hałasie był zróżnicowany, stąd rozrzut różnic poziomu dźwięku C i A wynosił od 3,2 dB do 19,3 dB (średnio 11,2 dB). Różnica $L_c - L_a \geq 15$ dB (wskaźnik oceny widma), przyjmowana niekiedy jako wyróżnik hałasu niskoczęstotliwościowego, miała miejsce w 23,5% przypadków, natomiast w 49,0% przypadków była wyższa lub równa 10 dB.



Rys. 1. Widma hałasu niskoczęstotliwościowego [10, 11]

A, A1 – Poziom ciśnienia akustycznego w pasmach tercjowych na stanowisku pracy z włączoną i wyłączoną klimatyzacją

B – Poziom ciśnienia akustycznego w pasmach tercjowych na stanowisku pracy do prac koncepcyjnych – hałas dochodzący z sąsiedniego placu budowy

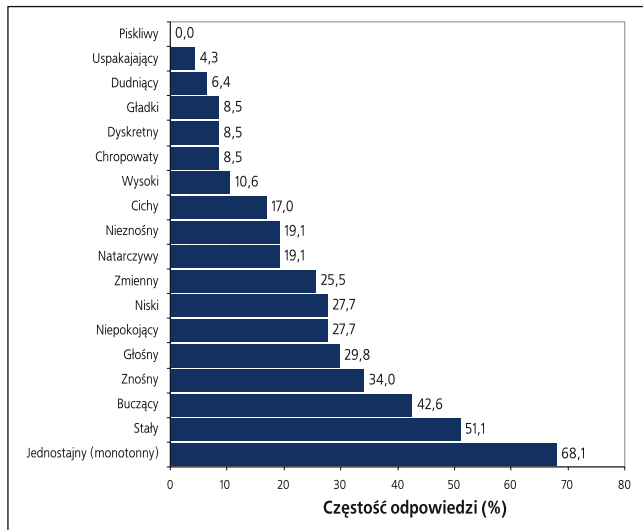
C – Poziom ciśnienia akustycznego w pasmach oktaowych na stanowisku pracy w pomieszczeniu do prac koncepcyjnych – hałas dochodzący od szafy krosowniczej umieszczonej w pokoju do prac koncepcyjnych

Fig. 1. Spectra of low-frequency noise at workstations [10, 11]

A, A1 – The level of acoustic pressure in one-third octave bands at a workstation with air conditioning switched on and off

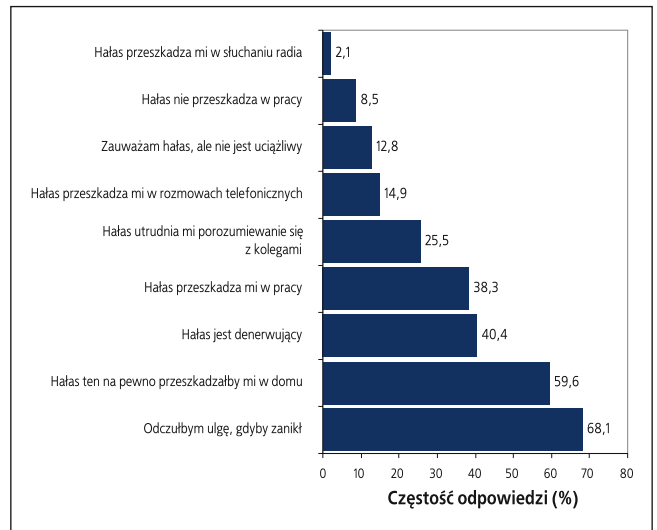
B – The level of acoustic pressure in one-third octave bands at a workstation in a room for conceptual work with noise coming from a nearby construction site

C – The level of acoustic pressure in octave bands at a workstation in a room for conceptual work with noise generated by a crossover cabinet located in that room



Rys. 2. Wyniki badań ankietowych – opis charakteru hałasu w pomieszczeniach (częstość odpowiedzi w stosunku do n = 47) [10]

Fig. 2. Survey results – a description of the character of noise inside rooms (the percentage of answers in relation to n = 47) [10]



Rys. 3. Wyniki badań ankietowych – na czym, zdaniem badanych, polega uciążliwość hałasu w miejscu pracy w pomieszczeniach (częstość odpowiedzi w stosunku do n = 47) [10]

Fig. 3. Survey results – opinions of surveyed persons on the annoyance of noise in the work environment in rooms (the percentage of answers in relation to n = 47) [10]

Na rysunku 1. (str. 17.) przedstawiono przykładowe widma hałasu na wybranych stanowiskach pracy, na których zgłaszano uciążliwość hałasu niskoczęstotliwościowego.

Linia A i A1 obrazuje widmo hałasu pochodzące od urządzeń klimatyzacji. Po wyłączeniu klimatyzacji dla częstotliwości 50 Hz, wyraźnie widać zmianę (obniżenie) o ok. 5 dB poziomu ciśnienia akustycznego. Jest to składowa widma, która często wskazywana jest przez osoby narażone na hałas niskoczęstotliwościowy jako szczególnie uciążliwa.

Na rys. 1. wyraźnie widać również znaczące składowe niskoczęstotliwościowe odnoszące się do częstotliwości 31,5 Hz,

które były powodem skarg pracowników przebywających w badanych pomieszczeniach (linia B – widmo hałasu zewnętrznego pochodzące od urządzeń na placu budowy oraz linia C – widmo hałasu pochodzącego od urządzenia sieci informatycznej).

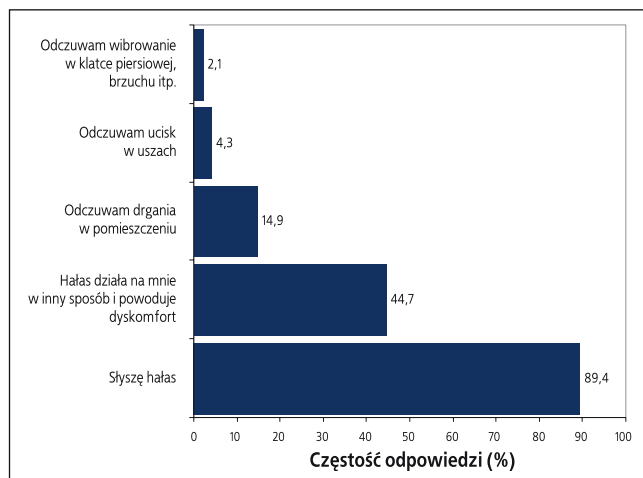
Wyniki badań

Wśród badanych osób 4 z nich (7,8%) nie zwracały uwagi na hałas w miejscu pracy lub zgłaszały dolegliwości związane ze słuchem i dlatego nie wzięły udziału w dalszych badaniach oceny uciążliwości hałasu w miejscu pracy. Z kolei 23,4% pozostałych pracowników twierdziło, że hałas jest zawsze

uciążliwy. Co więcej, blisko połowa (46,8%) ankietowanych osób utrzymywała, iż taka sytuacja trwa przez całą zmianę roboczą.

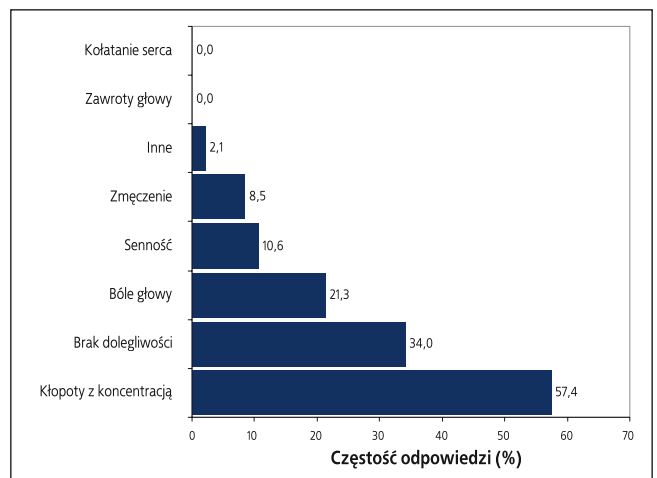
Hałas występujący w pomieszczeniach był najczęściej opisywany przez pracowników jako monotony (68,1%), stały (51,1%) i buczący (42,6%), (rys. 2.). Przyjęto definicję wg metody semantycznej oceny barwy dźwięku i metody identyfikacji źródła dźwięku wg E. Ozimek [13].

Ponad połowa osób twierdziła, iż odczułoby ulgę, gdyby ten hałas zanikł (68,1%) i na pewno hałas ten przeszkadzałby im w domu (59,6%). Zdaniem około 1/3 respondentów hałas był denerwujący (40,4%) i przeszkadzał w pracy (38,3%), (rys. 3.).



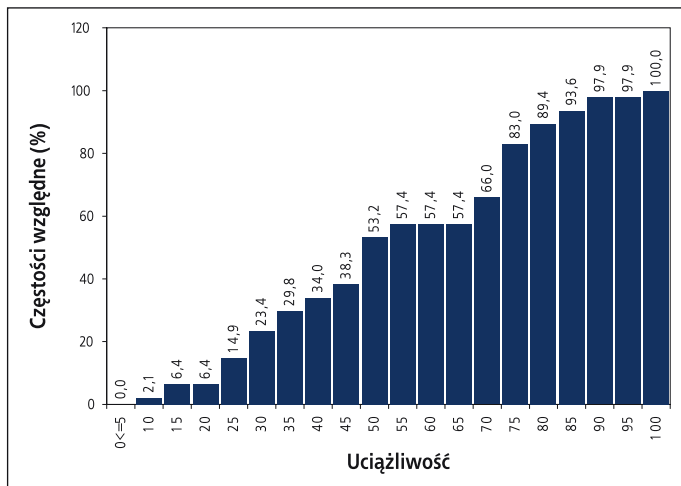
Rys. 4. Wyniki badań ankietowych – odczucia subiektywnie związane z ekspozycją na hałas w pomieszczeniach (częstość odpowiedzi w stosunku do n = 47) [10]

Fig. 4. Survey results – subjective sensations related to the exposure to noise in rooms (the percentage of answers in relation to n = 47) [10]



Rys. 5. Wyniki badań ankietowych – dolegliwości subiektywnie związane z ekspozycją na hałas w pomieszczeniach (częstość odpowiedzi w stosunku do n = 47) [10]

Fig. 5. Survey results – subjective complaints related to the exposure to noise in rooms (the percentage of answers in relation to n = 47) [10]



Rys. 6. Skumulowany rozkład subiektywnych ocen uciążliwości hałasu [10]
 Fig. 6. Cumulative distribution of subjective assessments of the noise annoyance effect [10]

WYNIKI BADAŃ ANKIETOWYCH – OCENA UCIAŻLIWOŚCI HAŁASU W MIEJSCU PRACY W 100-PUNKTOWEJ SKALI UCIAŻLIWOŚCI HAŁASU SUH

Survey results – assessment of the noise annoyance effect in the work environment on a 100-point scale of noise annoyance

Ocena uciążliwości w 100-punktowej skali	Ogółem	I grupa	II grupa	III grupa
	wartość średnia ± SD			
Wartość średnia ± SD	53,8±23,7	53,4±23,9	73,3±20,8	44,1±19,5
Zakres	10-99	10-99	25-90	12-75
Mediana	50	50	80	45

Około 34% ankietowanych osób nie zgłaszało żadnych dolegliwości w związku z ekspozycją na hałas, a u ponad połowy występowały kłopoty z koncentracją uwagi (57,4%). Znaczna część osób odczuwała dyskomfort (44,7%). Natomiast rzadziej badani odczuwali drgania w pomieszczeniu (14,9), skarżyli się na bóle głowy (21,3%), senność (10,6%) i zmęczenie (8,5%), (rys. 4 i 5.).

Wyniki subiektywnej oceny uciążliwości hałasu w pomieszczeniach biurowych zebrano w tabeli i przedstawiono na rys. 6. Stwierdzono znaczne zróżnicowanie subiektywnej oceny uciążliwości, tj. od 10 do 99 punktów w 100-punktowej skali, przy wartości średniej i medianie odpowiednio równych 53,8 i 50 punktów.

Około 85,1% osób ankietowanych oceniali hałas jako przynajmniej „nieznacznie uciążliwy” (przypisując mu co najmniej 25 punktów w skali), 46,8% uznawało hałas jako więcej niż „raczej uciążliwy” (>50 punktów), a jedynie 17,0% odbierało hałas, jako co najmniej „uciążliwy” przypisując mu, co najmniej 75 punktów w 100-punktowej skali SUH (rys. 6.).

Wnioski

Przeprowadzone badania wykazały, że subiektywna ocena uciążliwości hałasu była uzależniona od warunków akustycznych w miejscu pracy. Stwierdzono istotną statystycznie korelację pomiędzy oceną w 100-punktowej skali SUH a minimalnym poziomem ciśnienia akustycznego skorygowanego charakterystyką częstotliwościową G ($r = 0,37$; $p = 0,012$). Blisko połowa ankietowanych osób uznała hałas niskoczęstotliwościowy występujący w miejscu pracy jako więcej niż „raczej uciążliwy” (przypisując mu powyżej 50 punktów w 100-punktowej skali SUH).

Analiza korelacyjna ujawniła również istotny statystycznie związek pomiędzy subiektywną oceną uciążliwości hałasu a liczbą zgłaszanych odczuć ($r = 0,49$; $p = 0,000$) i dolegliwości ($r = 0,39$; $p = 0,007$).

U ponad połowy badanych (57,4%) występowały kłopoty z koncentracją uwagi. Znaczna część osób odczuwała dyskomfort (ponad 40%). Rzadziej odczuwano senność i zmęczenie.

Wyniki badań pozwalają stwierdzić, że w przypadku splotu niekorzystnych okoliczności (tj. gdy hałas nie jest akceptowany przez człowieka, nawet przy niewielkich poziomach, np. w pobliżu poziomów progowych, narażony jest na niego człowiek o dużej wrażliwości słuchowej, psychicznej lub człowiek w sytuacji stresu, napięcia wewnętrznego), hałas niskoczęstotliwościowy może mieć znaczny wpływ na stan psychiczny człowieka i może powodować różne dolegliwości. W takich przypadkach może dochodzić do zaburzeń złożonych procesów psychicznych, co w efekcie może się objawiać zakłóceniem i pogorszeniem sprawności intelektualnej. Ponieważ zagrożenie to nie jest w pełni poznane, wymaga więc dalszych badań.

PIŚMIENNICTWO

[1] Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Społecznej z dnia 29 listopada 2002 r. w sprawie najwyższych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy. DzU nr 217, poz.1833

[2] Mirowska M. *Evaluation of low frequency noise in dwellings*. New Polish recommendations. *Jnl Low Freq Noise Vib*, Vol.20, No 2, 2001, p. 67-74

[3] Leventhall H.G. et al. *A Review of Published Research on Low Frequency Noise and its Effects*. Report for Department for Environment, Food and Rural Affairs, London 2003

[4] Landstrom U., Bystrom M. *Infrasonic threshold levels of physiological effects*. *Journal of Low Frequency Noise & Vibration*. Vol. 11, No. 2, 1992, p. 42-45

[5] Augustyńska D. *Hałas infradźwiękowy w środowisku pracy*. Materiały do Studiów i Badań CIOP, nr 62, 1982

[6] Pawlaczyk-Łuszczczyńska M., Augustyńska D., Kaczmarska A. *Hałas infradźwiękowy. Procedura pomiarowa. Dokumentacja proponowanych wartości dopuszczalnych poziomów narażenia zawodowego*. „Podstawy i Metody Oceny Środowiska Pracy”, XVII, nr 2(28), 2001

[7] Pawlaczyk-Łuszczczyńska M., Dudarewicz A., Waszkowska M. *Uciążliwość hałasu niskoczęstotliwościowego w pomieszczeniach sterowniczych wg subiektywnej oceny pracowników – wyniki badań pilotarowych*. „Medycyna Pracy” 52(6), 2001, str. 465-470

[8] Engel Z. *Ochrona przed drganiami i hałasem*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2001

[9] Jankowska E., Kaczmarska A., Mikulski W. i in. PCZ 15-21 pt. *System kształtowania jakości powietrza w budynkach biurowych (profilaktyka tzw. zespołu chorego budynku)*. CIOP, Warszawa 2003

[10] Kaczmarska A., Łuczak A. *Kryteria uciążliwości hałasu niskoczęstotliwościowego w środowisku pracy*. CIOP-PIB, praca statutowa II-05, Warszawa 2005

[11] Kaczmarska A., Mikulski W., Augustyńska D. *Ograniczanie hałasu urządzeń sieci komputerowej*. „Bezpieczeństwo Pracy” 9(362), 2001, str. 21-25

[12] Engel Z., Kaczmarska A., Augustyńska D. *Badania wpływu nadmiernej ekspozycji na hałas niskoczęstotliwościowy – choroba wibroakustyczna*. „Bezpieczeństwo Pracy” 11(470), 2005, str. 4-7

[13] Ozimek E. *Dźwięk i jego percepcja. Aspekty fizyczne i psychoakustyczne*. PWN, Warszawa-Poznań

Publikacja opracowana na podstawie wyników badań objętych tematem nr II-05 pn. „Kryteria uciążliwości hałasu niskoczęstotliwościowego w środowisku pracy” realizowanym w ramach działalności statutowej Centralnego Instytutu Ochrony Pracy – Państwowego Instytutu Badawczego