

OCCUPATIONAL EXPOSURE TO INFRASONIC AND LOW FREQUENCY NOISE: ACTUAL PROBLEMS OF HYGIENIC STANDARDIZATION

Myshchenko I.¹, Nazarenko V. I.², Stopa M.¹, Maslakiewicz M.¹

¹Accredited Laboratory of Occupational Health and Safety, Wrocław University of Science and Technology, Wrocław, Poland

²State Institution «Kundiiev Institute of Occupational Health of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine», Kyiv, Ukraine

Introduction. Infrasonic and low frequency noise (LFN) are environmental and occupational hazards, whose proportion continually increases. Commonly accepted hygienic standards and requirements to their measurements are absent and vary from country to country.

The purposes of the article are to conduct a literature review concerning current legislation of occupational exposure to LFN and infrasound; compare levels of LFN using frequency analysis in 1/3-octave bands in the ranges from 2 to 250 Hz at the workplaces and living settlements; analyze subjective complaints of people working/living in the areas of conducted measurements; propose an approach to the hygienic evaluation of LFN and infrasound.

Materials and methods. Analytical review of scientific publications was carried out using scientometric databases, periodicals and regulations. Sanitary and hygienic measurements of infrasound and LFN were conducted by the Octave 110A sound level meter in octave and 1/3 octave bands with geometric mean frequencies in the range of 2–250 Hz at office premises, Academic Vernadskyi Antarctic Station, on the territory and premises of the residential area «Nova Darnytsia», on maritime transport of the DAT «Chernomor-neftgaz» in accordance with current Ukrainian sanitary norms. A survey concerning subjective complaints about the parameters of physical factors (microclimate, artificial lighting, noise) was carried among 30 office workers of State Institution «Kundiiev IOH AMS of Ukraine».

Results. Most of the published articles, dedicated to the impact of LFN and infrasound, consider results of measurements using A-weighting characteristics, which essentially reduces information about LFN. Our results show that LFN in the range 2–250 Hz is widespread in the industrial environment, in transport, residential areas, living premises. Despite the fact that noise levels measured using correction «A» do not exceed sanitary norms, up to (44.0 ± 3.7) % of respondents complain about noise at the workplaces. The spread of noise increases with a prevalence of low frequency bands in its spectrum. So, an absorption of acoustic oscillations by building structures is 8 dB at frequency of 31.5 Hz and 14–16 dB at frequency of 250 Hz. Acoustic oscillations in the range of 2–8 Hz at marine vessels are spread approximately by 1,000 times better than the sound perceived by the human ear.

Conclusions. Existing approaches to the problem of the assessment of occupational and habitual exposure to the infrasonic and LFN don't enable to substantiate generally accepted hygienic standards for these physical factors. National standards vary from country to country and differ from each other by established limits and measuring methods. Most of the published articles consider results of measurements using A-, C- and G-weighting characteristics, which do not provide objective information about spectral characteristics of the exposure hazard level. The authors suggest that the further identification of the problem should start from a common approach. The authors proposed the methodology of data acquisition measuring in the 1–500 Hz range using 1/3 octave bands, linear scale and linear RMS, Min and Max detector for the purpose of profound identification of low frequency sources and for objective analysis of human organism reactions to its exposure.

Key words: low-frequency noise, infrasound, occupational exposure, hygienic standardization

Introduction

Low-frequency noise (LFN) is a background noise whose proportion continually increases in modern urban environments. The World Health Organization (WHO) recognized LFN as an environmental problem [1]. LFN and infrasound are also occupational hazards. Being generated by pumps, compressors, diesel

engines, gas turbines, ventilation, heating and air conditioning systems and so on, they become the characteristics of various workplaces at airports, petrochemical plants, mines, transport, manufacturing enterprises, industrial control rooms, office-like areas etc.

Unlike the well-studied audible noise which can cause damage of hearing and various non-audible effects, LFN and infrasound remain underexplored.

First attempts in their understanding were made 25–30 years ago. Usually, infrasound is defined as a noise in the range of 1–20 Hz. Unfortunately, the upper and lower limits of LFN are still under discussion. Some European countries do not have national sanitary norms establishing admissible levels of infrasound and LFN. On the other hand, numerous studies confirm the negative impact of this noise on human beings [2–4]. Besides, available national standards and suggested methods of LFN and infrasound measurement are to some extent controversial.

The present article is aimed to:

- conduct a literature review concerning current legislation of occupational exposure to LFN and infrasound;
- compare levels of LFN using frequency analysis in 1/3-octave bands in the ranges from 2 to 250 Hz at the workplaces (office premises, marine transport, Academic Vernadskyi Antarctic Station) and living settlements (based on our own results);
- analyze subjective complaints of people working/living in the areas of conducted measurements;
- propose an approach to the hygienic evaluation of LFN and infrasound.

An overview of current sanitary legislation in some European countries for infrasound and LFN

According to Leventhall G., LFN is considered the noise with dominating sound energy in the frequency range from about 10 to 200 Hz [2], which is a common conception. So far, these boundaries are not fixed. In scientific literature, LFN can also be defined in different limits: 10 to 250 Hz [3], from 20 to 250 Hz [4] and even from 20 to 500 Hz [5]. German standard DIN 45680:1997 [6] establishes lower and upper levels of LFN from 10 to 100 Hz, Lithuanian – from 16 to 200 Hz [7]. Several examples of various limits suggested by different authors and national standards are shown in the Table 1.

There is a very indistinct boundary between infrasound and LFN which often causes confusion. ISO 7996:1995 [10] defines infrasound as noise with frequency within 1–20 Hz, although earlier it was different. For instance, Polish norms PN 86/N-01338 – out of order [11] had specified infrasound in the range from 2 to 50 Hz. It is generally accepted that infrasound is nonaudible. However, this common assumption is incorrect because sound at the frequencies below 16 Hz is clearly audible if the level is high [12].

Table 1

Suggested upper and lower limits of LFN in scientific literature and national standards

| Suggested range, Hz | Source |
|----------------------------|---|
| 10–200 | Leventhall G. et al, 2003 [2] |
| 10–250 | Pawlaczyk-Luszczynska M. et al, 2010 [3] |
| 20–250 | Berglund B. et al, 1996 [4] |
| 20–500 | Alves-Pereira M. et al, 2007 [5] |
| 10–100 | DIN 45680:1997, 1997 [6] |
| 16–200 | HN 30:2016 [7] |
| 10–160 | Danish Environmental Protection Agency N 9/1997 [8] |
| 31.5–200 | SOSFS 1996:7/E [9] |

Sometimes, LFN and infrasound are not even separated from each other, which also leads to misunderstanding for they cause a bit different physiological effects in the human body, have dissimilar absorption and, correspondingly, the ability to spread through various mediums.

The variety of hygienic standards for limits of occupational exposure to infrasound in the range 2–20 Hz accepted in different countries are shown in the Table 2.

The above mentioned International standard ISO 7996:1995 specifies G-weighting characteristics for the determination of infrasound. This characteristics, which was specially intended for infrasound, looks as a triangle with maximums at 20 Hz and minimums at 0.2 and 300 Hz correspondingly and differs from another weighting characteristics (Fig. 1). Leventhall G. [2] underlines that «too much reliance on the G-weighting, ...may divert attention from problems at higher frequencies ...in the 30 Hz to 80 Hz range».

As it can be seen from the Table 2, the national standards vary from country to country. In some cases, admissible levels exceed hearing threshold (56.3 dB at the frequency 31.5 Hz), established by ISO 226. Such huge difference can be explained by the application of different measuring methods. It is necessary to underline that hygienic assessment of LFN differs from high frequency noise analysis. However, there is still no established guideline for LFN assessment at the workplaces. Some European countries use specific regulations on LFN control in apartments [17, 18]. Most of them are based on the frequency analysis in 1/3-octave bands in the frequency ranges from 8 to 250 Hz using nominal A-weighting correction [19]. This approach is being

Table 2

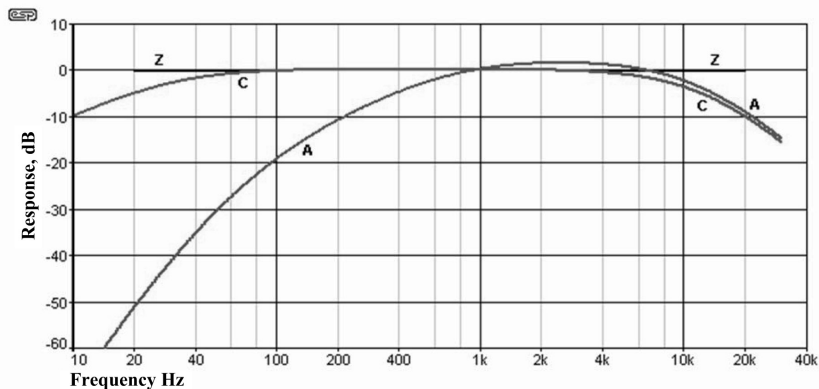
Admissible levels of infrasound in normative documents of different countries

| Country/document | Frequency, [Hz] | | | | |
|--|-----------------|-----|-----|------|---------|
| | 2 | 4 | 8 | 16 | 31.5 |
| Poland/PN-86/N-01338 – out of order [11] – Performing basic functions in observations cabins and remote control, or premises for precise work | – | 90 | 90 | 90 | 85 |
| – Performing basic functions on premises for administration, design offices, research work, data handling | – | 85 | 85 | 85 | 80 |
| Poland/PN-Z-01338:2010 [13] | 102 | | | | |
| Ukraine/ДІСН 3.3.6.037-99 [14] | 105 | 105 | 105 | 105 | 86–107* |
| Sweden/AFS2005:16 [15] | 130 | 118 | 106 | 94 | 61 |
| Germany DIN 45680 [6] | – | – | 103 | 79 | 55.5 |
| Denmark (at night)** [2] | – | – | – | 76.7 | 59.4 |

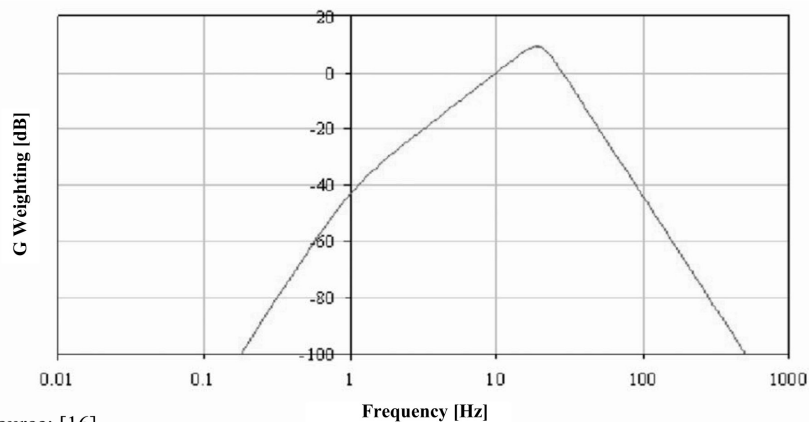
Note. *Depending on a type of work.

highly criticized in scientific literature [20]. Alves-Pereira et al. compared the overall (L_{eq}) values measured with A-weighting filter (dB/A) and without it (dB/Lin) in a cockpit of the Airbus-340 [21] and commuter train in motion [22]. The levels of noise in a train and in a cockpit measured in dB/A were the

same (72.1 dB/A) but levels without A-weighting were 95.6 dB/Lin and 83.2 dB/Lin correspondingly. In other words, people can hear the same level of noise in a train and a cockpit, but they are exposed to different amounts of acoustical energy. The point is, A-weighting filter is based on equal-loudness threshold



<https://sound-au.com/articles/a-weighting.html>



Source: [16]

Fig. 1. Frequency weighting curves A, C, G and Z

and quite well simulates human's auditory thresholds. That's why it is primarily used for evaluating the risk of noise-induced hearing loss. Currently, we know that LFN has unique characteristics, quite different from the noise of higher pitch. It is reduced less by various shields, crosses greater distances, produces resonance in the human body (abdomen, chest, throat) etc. Moreover, ear protection devices are much less effective against it. So, application of A-weighted scale neglects sources below 50 Hz and does not consider physical peculiarities of LFN. According to the Canadian researchers studying aviation noise, it can lead to leaving out occupational health risks in the working population exposed to this occupational hazard [23]. The authors suggested using C-weighted sound exposure level metric as indicator for LFN annoyance. This suggestion is based in the fact that C-weighting level includes nearly all of the low frequency energy in a signal and, correspondingly, is more appropriate for LFN assessment.

Based on a literature review, Broner N. [24] recommends using dB/C – dB/A difference of at least 20 dB to indicate the presence of LFN problem (as an indication of an unbalanced spectrum towards low frequencies). This method is inadequate for the identification of LFN at the workplaces with low noise levels (45dB/A or less) considering the presence of self-generated noise of sound analyzers [16]. Therefore, there are no commonly established hygienic norms and standardized methods of measurement of LFN and infrasound, so their criteria vary from country to country [25]. WHO [26] admits that using of A-weighted scale is unfitted to measurements of noise levels with prevalence of low frequencies, but it does not suggest any alternative. Additionally, some industrial and natural sources may generate impulse-like low frequency noise. It means that commonly used SLOW time constant is not enough for the comprehensive analysis.

Materials and methods

Sanitary and hygienic measurements of infrasound and LFN were conducted by the Octave 110A sound level meter in octave and 1/3 octave bands with geometric mean frequencies in the range of 2–250 Hz at office premises (State Institution «Kundiiev IOH AMS of Ukraine» (Kyiv, 2020), Academic Vernadskyi Antarctic Station (Antarctic Peninsula, 2004)), on the territory and premises of the residential area

«Nova Darnytsia» (Kyiv), on maritime transport of the DAT «Chernomorneftgaz» (2012–2013). Hygienic assessment of sound pressure levels was conducted in accordance with current Ukrainian sanitary norms: SSN 3.3.6.037-99 «Sanitary Norms of Industrial Noise, Ultrasound and Infrasound» and Order of the Ministry of Health of Ukraine dated 22.02.2019 N 463 «State Sanitary Norms of permissible noise levels in residential and public buildings and in residential areas». A survey concerning subjective complaints on the parameters of physical factors (microclimate, artificial lighting, noise) was carried among 30 office workers of State Institution «Kundiiev IOH AMS of Ukraine».

Results

According to the data of instrumental measurements, the levels of sound and sound pressure levels at office premises with and without air conditioning systems (Fig. 2) meet the requirements of sanitary norms. Nevertheless, results of the survey, conducted among workers show that (44.0 ± 3.7) % respondents complain about the noise level at the workplaces. Considering the fact, that parameters of acoustic load at the workplaces did not exceed admissible level in 65 dB/A, this fact needs further research in the terms of its irritating and interfering action on the human organism and the ability to concentrate at work.

During scientific expedition to the Antarctic Peninsula, the levels of LFN were measured at the diesel room and living premises of Academic Vernadskyi Antarctic Station. A main building with scientific laboratory and living rooms was located 15 m from the diesel room, generating LFN by three diesel Volvo engines. Our results show, that the absorption of the noise by the walls of the premises and double-glazed windows at the frequency 25 Hz was only 9 dB and at the frequency 80 Hz – 25 dB (Table 3).

Sound pressure levels at these frequencies do not meet sanitary standards for living premises at night time. At the higher frequencies (above 160 Hz) absorption by building structures was much better, making up 47–61 dB.

Various kinds of diesel engines produce infrasonic and LFN in the range of 2–63 Hz in marine transport and affect crew of the ship during performing their duties and at the rest, evidenced by the study of working conditions at the vessels of the DAT «Chernomorneftgaz» (Table 4). It was found that the main sources

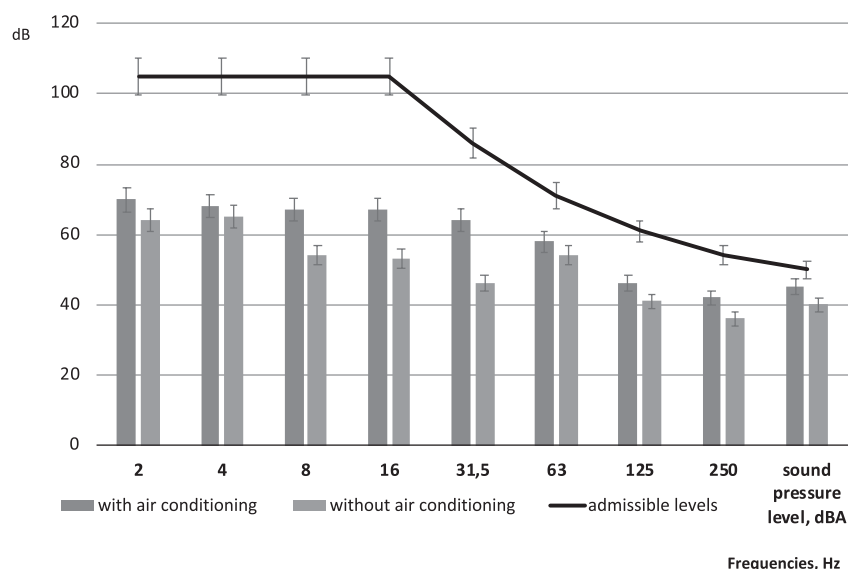


Fig. 2. Comparison of admissible sound pressure level and measured sound pressure level at the offices of State Institution «Kundiiev IOH AMS of Ukraine»

of noise (31.5–8000 Hz) and infrasound (2–16 Hz) at the ships of I–III categories are diesel generators with power from 50 to 2500 kW. This equipment works constantly, not only when the ship is going to sea, but also when it is at a standstill, in a mode of lower power. At the same time, the maximum noise levels can reach 109 dB/A in the mode of putting the diesel into operation, and 112–115 dB/Lin (infrasound range). The equivalent noise level (L_{eq}) in the engine room (mechanics, electricians and electromechanical technicians of all types) is 90–98 dB/A. For sailors and boatswains working on the deck and in the service rooms, noise load with levels 84–92 dB/A is formed mainly due to the usage of pneumatic and electric vibrating tools during repair actions. It should be noted that most specialists perform activities inside the premises with different levels of fluctuating or intermittent noise. At the workplaces of the management and auxiliary personnel, the noise load was only 62–67 dB/A and exceeded the permissible level only at 25–40 % of total workplaces. However, in all

these rooms there was a significant infrasound level (88–97 dB/Lin) with the maximum acoustic energy at the frequencies of 2–4 Hz.

Measurements of infrasound levels in the main areas of the ship showed that in the cabins it exceeds the threshold of adverse effects (interfering, irritating action) for living premises by 9–15 dB/Lin according to the literature data (Izmerov N. F. et al., 1997). This fact indicates that the crew does not have adequate conditions to rest and recover. Infrasound in the range 2–8 Hz is absorbed by the vessel constructions only by 10–12 dB. At the same time, noise levels are reduced by 36–44 dBA. This shows that infrasound in the range of 2–8 Hz penetrates through the premises of sea vessels in about 1000 times better than the audible sound, perceived by human ears.

People are exposed to infrasonic and LFN not only at work, but also in residential areas. The main sources of these physical factors in settlements are various installations inside the buildings (ventilation and climatization systems) and sounds from the outside of the buildings

Table 3

LFN measurements in the premises of the diesel and living premises of the Academic Vernadskyi Antarctic Station

| Place of measurement | Sound pressure levels (dB) in 1/3-octave bands with geometric mean frequencies, [Hz] | | | | | | | | | | |
|------------------------------|--|------|----|-------|----|-----|-------|-----|-----|-------|-----|
| | 25 | 31,5 | 40 | 50 | 63 | 80 | 100 | 125 | 160 | 200 | 250 |
| Diesel room | 79 | 66 | 73 | 74 | 77 | 93 | 78 | 86 | 89* | 98* | 94* |
| Admissible level* | 107 | | | 95 | | | 87 | | | 82 | |
| Living premises | 68* | 53 | 48 | 41 | 48 | 68* | 41 | 40 | 42 | 33 | 32 |
| Admissible level** day/night | 68/63 | | | 57/50 | | | 48/40 | | | 41/33 | |

Note. *State Sanitary Norms 3.3.6.037-99, **State Sanitary Norms Nr 463-2019.

Table 4

Comparison of infrasound level in the main areas of ship to hygienic requirements

| Place of measurement | Sound pressure level (dB) in 1/3 octave bands at geometric mean frequencies, $M \pm \delta$, [dB] | | | | General level of infrasound/sound, [dB] | |
|-------------------------------|--|--------------|--------------|--------------|---|--------------|
| | 2 | 4 | 8 | 16 | dB Lin | dBA |
| Engine rooms | 97 ± 2.8 | 87 ± 2.5 | 84 ± 3.1 | 93 ± 4.2 | 103 ± 3.4 | 97 ± 4.2 |
| Admissible levels* | 105 | 105 | 105 | 105 | 110 | 80 |
| Central control panel, office | 87 ± 4.0 | 79 ± 3.5 | 75 ± 3.6 | 79 ± 3.1 | 92 ± 4.1 | 68 ± 4.6 |
| Admissible levels** | 95 | 90 | 85 | 80 | 95 | - |
| Cabin | 84 ± 3.2 | 77 ± 3.0 | 72 ± 2.8 | 75 ± 3.3 | 87 ± 3.6 | 57 ± 3.4 |
| Admissible levels*** | 75 | 70 | 65 | 60 | 75 | - |

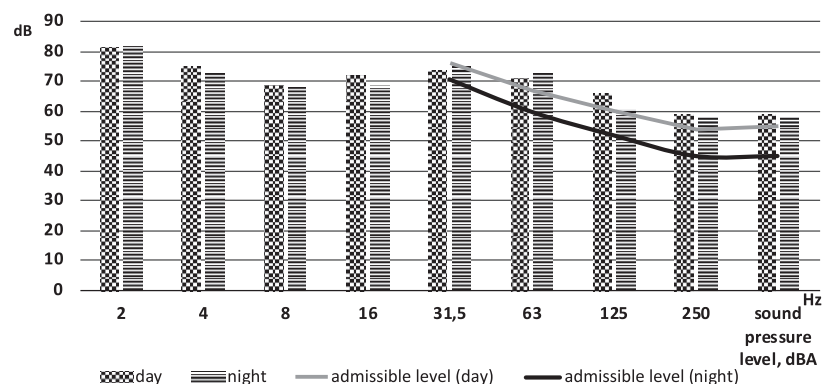
Note. *State Sanitary Norms 3.3.6.037-99, **Izmerov N. F. (for the work, requiring emotional and intellectual strain),

***Izmerov N. F. (for the living premises).

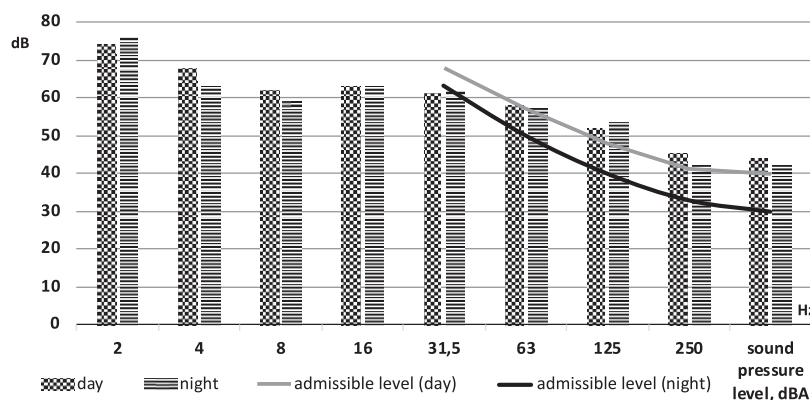
(primarily transport). Measurements conducted in residential area «Nova Darnitsia» (Kyiv) showed exceeding of admissible levels of noise in the range of 31.5–250 Hz during the day and night (Fig. 3).

As it can be seen, exceeding of the sound pressure levels is up to 16 dB comparing to existing sanitary norms, especially at night. Acoustic oscillations are

absorbed by building structures by 8 dB at the frequency of 31.5 Hz during the day (8 AM–10 PM) and night (10 PM–8 AM) and by 14–16 dB at the frequency of 250 Hz. Unfortunately, absence of standards regulating admissible level of sound pressure in the range 2–31.5 Hz make hygienic assessment impossible. On the other hand, presence of numerous



A



B

Fig. 3. Sound pressure levels in octave bands with geometric mean frequencies measured at the residential area «Nova Darnitsia» (Kyiv) in the near vicinity of the house (A) and in the living premises (B) in comparison to admissible levels

subjective complaints on the noise level and its irritative effect at the workplaces and residential areas rises a significant hygienic problem concerning establishing safe levels of exposure to infrasound and LFN. Solution of this task should include collection of comprehensive bases of measurements of infrasound and LFN at different workplaces, studying of dose-effect relationship which is based not only on subjective complaints, but analysis of objective physiological changes caused by such exposure (hearing thresholds, heart rate variability), investigation of individual sensitivity to noise etc. Such an approach will allow to substantiate hygienic standards and develop effective collective and individual preventive measures.

Conclusions

1. Existing approaches to the problem of assessment of occupational and habitual exposure to the infrasonic and LFN haven't allowed yet to

References

1. World Health Organization. Environmental noise guidelines for the European region. 2018:160, available at: <https://www.euro.who.int/en/publications/abstracts/environmental-noise-guidelines-for-the-european-region-2018>.
2. Leventhall, G., Pelmear, P. and Benton, S. (2003), *A review of published research on low frequency noise and its effects*, UK Department for Environment, Food and Rural Affairs, <https://doi.org/EPG1/2/50>.
3. Pawlaczyk-Luszczynska, M. (2010), Ocena uciążliwości hałasu niskoczęstotliwościowego w środowisku pracy oraz jego wpływ na funkcje umysłowe. Rozprawa habilitacyjna wyd. IMP Łódź.
4. Berglund, B., Hassmen, P., Job, R. F. (1996), «Sources and effects of low-frequency noise», *J Acoust. Soc. Am.*, Vol. 99, No. 5, pp. 2985–3002, <https://doi.org/10.1121/1.414863>.
5. Alves-Pereira, M., Castelo Branco, N. (2007), «Vibroacoustic disease: Biological effects of infrasound and low-frequency noise explained by mechanotransduction cellular signaling», *Progress in Biophysics and Molecular Biology*, Vol. 93, No. 1–3, pp. 256–279, <https://doi.org/10.1016/j.pbiomolbio.2006.07.011>.
6. DIN 45680:1997 Messung und Bewertung tieffrequenter Gerauschemissionen in der Nachbarschaft (Measurement and assessment of low-frequency noise emissions in the neighbourhood).
7. Hygiene norm HN 30:2016, Infrasound and low frequency sounds: Limit values for residential and public buildings, Minister of Health of the Republic of Lithuania.
8. Low frequency noise, infrasound and vibration in the environment. Information from the Danish Environmental Protection Agency no. 9/1997 (State Sanitary Norms, Denmark).
9. SOSFS 1996:7/E: Indoor Noise and High Sound Levels, Socialstyrelsen, Sverige, 15 Maj 1996 (State Sanitary Norms, Sweden).
10. ISO 7996:1995 Acoustics. Frequency. Weighting characteristics for infrasound measurements.
11. PN-N-01338:1986 Hałas infradźwiękowy. Dopuszczalne wartości poziomów ciśnienia akustycznego na stanowiskach pracy u ogólne wymagania dotyczące wykonywania pomiarów (wersja polska, Poland).
12. Leventhall, G. (2006), «Infrasound from wind turbines – fact, fiction or deception», *Canadian Acoustic*, Vol. 34, No. 2, pp. 29–36.
13. PN-Z-01338:2010 Akustyka – Pomiar i ocena hałasu infradźwiękowego na stanowiskach pracy (wersja polska, Poland).
14. SSN 3.3.6.037-99 State sanitary norms occupational noise, ultrasound and infrasound [DSN 3.3.6.037-99 Sanitarni normi virobничого шуму, ultrazvuku ta infrazvuku], available at: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/va037282-99#Text>.
15. AFS 2005:16 Arbetsmiljöverkets föreskrifter om buller samt allmänna råd om tillämpningen av föreskrifterna (The Swedish Work Environment Authority's regulations on noise and general advice on the application of the regulations), available at: <https://www.av.se/globalassets/filer/publikationer/foreskrifter/buller-foreskrifter-afs2005-16.pdf>.

16. Downey, G., Parnell, J. (2017), Assessing low frequency noise from industry – a practical approach. 12th ICBEN Congress on Noise as a Public Health Problem.
17. Jakobsen, J. (2000), Danish Guidelines on Environmental Low Frequency Noise, Infrasound and Vibration, in: Moller H. and Lydolf M., eds. Proceedings of the 9th International Meeting on Low Frequency Noise & Vibration, 17th–19th May 2000, Aalborg, Denmark, pp. 57–64.
18. Mirowska, M. (2001), «Evaluation of Low-frequency Noise in Dwellings. New Polish Recommendations», *Journal of Low Frequency Noise, Vibration and Active Control*, Vol. 20, No. 2, pp. 67–74, <https://doi.org/10.1260/0263092011493163>.
19. Pawlaczyk-Łuszczynska, M., Szymczak, W., Dudarewicz, A., Iwińska-Kowalska, M. (2006), «Proposed criteria for assessing low frequency noise annoyance in occupational settings», *Int. J. Occup. Med. Environ. Health*, Vol. 19, No. 3, pp. 185–197, <https://doi.org/10.2478/v10001-006-0022-9>.
20. Alves-pereira, M., Motylewski, J., Kotlicka, E., Branco, N. (2005), «Low frequency noise legislation», 12th International Congress on Sound and Vibration, ICSV, Vol. 2, pp. 1478–1485.
21. Alves-Pereira, M., Castelo Branco, M., Motylewski, J. et al. (2001), *Airflow-induced infrasound in commercial aircraft*, In: Proceedings of the Internoise, The Hague, Holland, pp. 1011–1014.
22. Alves-Pereira, M., Joanaz de Melo, J., Castelo Branco, N. (2001), *Low frequency noise in trains*, In: Proceedings of Internoise, Prague, Czech Republic, No. 643, 5 p.
23. Hodgdon, K., Atchley, A., Bemhard, R. (2007), *Low frequency noise study*, Final report. Partner-COE-2007-001. 2007:105 available at: <https://rosap.ntl.bts.gov/view/dot/26137/Print>.
24. Broner, N. (2010), «A simple criterion for low frequency noise emission assessment», *Journal of low frequency noise, vibration and active control*, Vol. 29, No. 1, pp. 1–13, <https://doi.org/10.1260/0263-0923.29.1.1>.
25. Pawlas, K., Pawlas, N., Boroń, M. et al. (2013), «Przegląd kryteriów oceny infradźwięków i hałasu niskoczęstotliwościowego w środowisku zawodowym i pozazawodowym», [Infrasound and low frequency noise assessment at workplaces and environment – review of criteria], *Environmental Medicine*, Vol. 16, No. 1, pp. 82–89.
26. Beglung, B., Lindvall, T. (1999), Guidelines for community noise. WHO.

Мищенко І.¹, Назаренко В. І.², Стопа М.¹, Маслакевич М.¹

ПРОФЕСІЙНИЙ ВПЛИВ ІНФРАЗВУКУ ТА НИЗЬКОЧАСТОТНОГО ШУМУ: АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ГІГІЄНИЧНОЇ РЕГЛАМЕНТАЦІЇ

¹Акредитована лабораторія гігієни та безпеки праці, Вроцлавський університет науки і техніки, м. Вроцлав, Польща

²Державна установа «Інститут медицини праці імені Ю. І. Кундієва Національної академії медичних наук України», м. Київ, Україна

Вступ. Інфразвук і низькочастотний шум (НЧШ) є шкідливими для навколишнього середовища та професійної діяльності й їхній вплив постійно зростає. Загальноприйняті й уніфіковані гігієнічні стандарти та вимоги до їхніх вимірювань відсутні й відрізняються в різних країнах.

Мета дослідження — проведення аналізу даних літератури щодо оцінки професійної експозиції НЧШ та інфразвуку й порівняння рівнів НЧШ за допомогою частотного аналізу в 1/3-октавних діапазонах у діапазонах від 2 до 250 Гц на робочих місцях і в населених пунктах, аналіз суб'єктивних скарг осіб, які працюють/проживають у місцях проведення вимірювань, визначення методичних підходів до удосконалення гігієнічної оцінки НЧШ та інфразвуку.

Матеріали та методи дослідження. Аналітичний огляд наукометричних баз даних і нормативно-правових актів щодо регламентації НЧШ. Санітарно-гігієнічні вимірювання інфразвуку та НЧШ проводилися шумоміром Octave 110A в октавних і 1/3 октавних смугах частот з середньгеометричними частотами в діапазоні 2–250 Гц в офісних приміщеннях, приміщеннях антарктичної станції «Академік Вернадський», на території житлового масиву «Нова Дарниця» (м. Київ), на морських судах ДАТ «Чорноморнафтогаз» відповідно до чинних санітарних норм України. Проведено опитування 30 співробітників ДУ «Інститут медицини праці імені Ю. І. Кундієва НАМН України» щодо наявності скарг на умови праці (шум, мікроклімат, освітлення тощо).

Результати. Більшість опублікованих статей, присвячених впливу НЧШ та інфразвуку, розглядають результати вимірювань з використанням А-зважуючої характеристики, що суттєво звужує інформацію про НЧШ. Наші результати показують, що НЧШ у діапазоні 2–250 Гц широко поширений у промисловому середовищі, на транспорті, у житлових приміщеннях і на території житлової забудови. Незважаючи на те, що рівні шуму, виміряні за допомогою характеристики «А», не перевищують санітарних норм, на шум на робочих місцях скаржаться до $(44,0 \pm 3,7)$ % респондентів. Здатність до розповсюдження шуму збільшується з частиною низьких частот в його частотному спектрі. Так, поглинання акустичних коливань будівельними конструкціями становить 8 дБ на частоті 31,5 Гц і 14–16 дБ при частоті 250 Гц. Акустичні коливання в діапазоні 2–8 Гц на морських судах поширюються приблизно в 1000 разів краще, ніж звук, який сприймається вухом людини.

Висновки. Існуючі підходи до проблеми оцінки професійного впливу інфразвуку та НЧШ поки не дозволили обґрунтувати загальноприйняті гігієнічні норми для цих фізичних факторів. Національні стандарти відрізняються від країни до країни і відрізняються один від одного встановленими межами та методами вимірювання. Більшість опублікованих статей розглядають результати вимірювань з використанням А-, С- і G-зважувальних характеристик, які не дають об'єктивної інформації про спектральні характеристики рівня небезпеки. Визнається, що подальше визначення проблеми слід починати з загального підходу. Для більш глибокої ідентифікації джерел низькочастотного шуму та для об'єктивного аналізу реакцій організму людини авторами запропоновано методологію вимірювання даних у діапазоні 1–500 Гц з використанням діапазону 1/3-октавних смуг, лінійної шкали та лінійного RMS, показників Min і Max рівнів його впливу.

Ключові слова: низькочастотний шум, інфразвук, професійне опромінення, гігієнічне нормування

Мищенко И.¹, Назаренко В. И.², Стопа М.¹, Маслакевич М.¹

ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ ИНФРАЗВУКА И НИЗКОЧАСТОТНОГО ШУМА: АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ГИГИЕНИЧЕСКОЙ РЕГЛАМЕНТАЦИИ

¹Аккредитованная лаборатория гигиены и безопасности труда, Вроцлавский университет науки и техники, г. Вроцлав, Польша

²Государственное учреждение «Институт медицины труда имени Ю. И. Кундиева Национальной академии медицинских наук Украины», г. Киев, Украина

Вступление. Инфразвук и низкочастотный шум (НЧШ) являются вредными факторами окружающей и производственной среды и их влияние постоянно увеличивается. Общепринятые гигиенические стандарты по их измерениям отсутствуют и отличаются в разных странах.

Цель исследования — проведение анализа данных литературы по оценке профессиональной экспозиции НЧШ и инфразвука, сравнение уровней НЧШ с помощью частотного анализа в 1/3-октавных диапазонах в диапазонах от 2 до 250 Гц на рабочих местах и в районах жилой застройки, анализ субъективных жалоб лиц, работающих/проживающих в местах проведения измерений, определение методических подходов к усовершенствованию гигиенической оценки НЧШ и инфразвука.

Материалы и методы исследования. Аналитический обзор наукометрических баз данных и нормативно-правовых актов относительно регламентации НЧШ. Санитарно-гигиенические исследования инфразвука и НЧШ проводились шумомером Osta 110A в октавных и 1/3-октавных полосах частот со среднегеометрическими частотами в диапазоне 2–250 Гц в офисных помещениях, помещениях антарктической станции «Академик Вернадский», на территории жилого массива «Новая Дарница» (г. Киев), на морских судах ГАО «Черноморнефтегаз» в соответствии с действующими санитарными нормами Украины. Был проведен опрос 30 сотрудников ГУ «Институт медицины труда имени Ю. И. Кундиева НАМН Украины» на наличие жалоб относительно условий труда (микроклимат, искусственное освещение, шум).

Результаты. Большинство опубликованных статей, посвященных влиянию НЧШ и инфразвука, рассматривают результаты измерений с использованием А-взвешивающей характеристики, что существенно сужает информацию об НЧШ. Наши результаты показывают, что НЧШ в диапазоне 2–250 Гц широко распространен в промышленной среде, на транспорте, в жилых помещениях и на территории жилой застройки. Несмотря на то, что уровни шума, измеренные с помощью характеристики А, не превышают санитарных норм, на шум на рабочих местах жалуются до $(44,0 \pm 3,7) \%$ респондентов. Способность к распространению шума увеличивается с долей низких частот в его частотном спектре. Показано, что поглощение акустических колебаний строительными конструкциями составляет 8 дБ на частоте 31,5 Гц и 14–16 дБ при частоте 250 Гц. Акустические колебания в диапазоне 2–8 Гц на морских судах распространяются примерно в 1000 раз лучше, чем звук, воспринимаемый ухом человека.

Выводы. Существующие подходы к проблеме оценки профессионального воздействия инфразвука и НЧШ пока не позволили обосновать общепринятые гигиенические нормы для этих физических факторов. Национальные стандарты в разных странах отличаются друг от друга установленными пределами экспозиции и методами измерения. Большинство опубликованных статей рассматривают результаты измерений с использованием А-, С- и G-взвешивающих характеристик, не дающих объективной информации о спектральных характеристиках и уровнях опасности. Признается, что дальнейшее определение проблемы следует начинать с общего подхода. Для более глубокой идентификации источников низкочастотного шума и объективного анализа реакций организма человека авторами предложена методология измерения данных в диапазоне 1–500 Гц с использованием диапазона 1/3-октавных полос, линейной шкалы и линейного среднеквадратичного взвешивания (RMS), показателей Min и Max уровней его воздействия.

Ключевые слова: низкочастотный шум, инфразвук, профессиональное облучение, гигиеническое нормирование

ORCID ID співавторів та їхній внесок у підготовку та написання статті:

Мищенко І. (ORCID ID 0000-0003-0872-9499) — постановка мети дослідження, планування, огляд даних літератури, написання тексту та дизайн статті, аналіз результатів, висновки;

Назаренко В. І. (ORCID ID 0000-0002-5238-4312) — проведення анкетного опитування, інструментальних вимірювань;

Стопа М. (ORCID ID 0000-0001-7455-8312) — визначення напрямку та завдань дослідження, актуальності проблеми, обговорення результатів;

Маслакевич М. (ORCID ID 0000-0001-5325-0634) — огляд літератури, робота над графічним і табличним матеріалом, обговорення результатів.

Інформація щодо джерел фінансування дослідження: наукове дослідження проведено в рамках виконання науково-дослідних робіт: «Вивчення особливостей комбінованої дії електромагнітних полів промислової частоти, шуму, мікроклімату (до проблеми гігієнічної регламентації)», № держреєстрації 0104U003074; «Розробити рекомендації щодо заходів з оптимізації умов праці в офісних приміщеннях», № держреєстрації 0113U001441; «Обґрунтувати гігієнічні рекомендації щодо покращення умов праці та світлового середовища при застосуванні світлодіодних джерел світла в офісних приміщеннях (експериментальні дослідження)», № держреєстрації 0116U000502.

Надійшла: 11 листопада 2021 р.

Прийнята до друку: 9 грудня 2021 р.

Контактна особа: Мищенко Ірина Анатоліївна, кандидат біологічних наук, акредитована лабораторія безпеки праці, Вроцлавський політехнічний університет, вул. На Гроблі 13, Вроцлав, 50-421, Республіка Польща.
Тел.: + 48 731250345. Електронна пошта: iryna.myshchenko@pwr.edu.pl