

BADANIA I OCENA UCIAŹLIWOŚCI HAŁASU NISKOCZĘSTOTLIWOŚCIOWEGO W CZTEROKONDYGNACYJNYM BUDYNKU MIESZKALNYM

Jerzy WICIAK

Katedra Mechaniki i Wibroakustyki, Wydział Inżynierii Mechanicznej i Robotyki
Akademia Górniczo-Hutnicza
30-059 Kraków, al. Mickiewicza 30, fax: 012-423-31-63, email: wiciak@agh.edu.pl

Streszczenie

W pracy przedstawiono badania i ocenę hałasu niskoczęstotliwościowego występującego w wybranym czterokondygnacyjnym budynku mieszkalnym. Ocenę warunków akustycznych występujących w badanym budynku przeprowadzono w oparciu o Instrukcję ITB 358/98.

Słowa kluczowe: fale niskoczęstotliwościowe, identyfikacja źródeł hałasu.

INVESTIGATIONS AND ANALYSIS OF LOW FREQUENCY TROUBLESOME IN A FOURSTOREY LIVING HOUSE

Summary

The paper presents results and analysis of investigations of low frequency noise sources, existing in living houses. The results of noise measurements in building was carried out according to instruction ITB 358/98.

Keywords: low-frequency waves, noise source identification.

1. WSTĘP

W ostatnich latach [6], [8], [9] pojawiło się nowe pojęcie - hałas niskoczęstotliwościowy - obejmujący zakres częstotliwości 10–250 Hz. Hałas ten został wyodrębniony za względu na stwierdzoną uciążliwość, potwierdzoną skargami osób narażonych na ten rodzaj hałasu.

Hałas niskoczęstotliwościowy, w tym infradźwiękowy, odbierany jest przez człowieka zarówno drogą słuchową jak i poprzez receptory wibracji. Jego szkodliwe i uciążliwe działanie charakteryzuje się subiektywnie określonymi stanami nadmiernego zmęczenia, dyskomfortu, senności, zaburzeniami równowagi, sprawności psychomotorycznej czy zaburzeniami fizjologicznymi [4]. Obiektywnym potwierdzeniem tych stanów są zmiany w ośrodkowym układzie nerwowym, zaobserwowanym zjawiskiem jest tak zwany efekt „wodzenia” występujący między innymi dla częstotliwości 5 Hz [2], [3].

Źródła tego typu hałasu można podzielić na dwie grupy: źródła naturalne i źródła sztuczne. Do grupy źródeł naturalnych należą: wybuchy wulkanów, trzęsienia ziemi, turbulencje powietrzne i wodne, grzmoty, gwałtowne wiatry, wodospady, burze geomagnetyczne, załamania fal morskich przy brzegu, oscylujące masy wody itp. Do grupy źródeł technicznych należą głównie maszyny przepływowe takie jak: sprężarki tłokowe wolnoobrotowe, wentylatory przemysłowe, turbodmuchawy, ssawy, okrętowe silniki spalinowe, silniki lotnicze oraz takie przemysłowe

maszyny i urządzenia jak: urządzenia energetyczne elektrowni cieplnych, piece hutnicze, formierki, kraty wstrząsowe i inne [1], [7], [13].

W niektórych przypadkach fale niskoczęstotliwościowe mogą ulegać wzmocnieniu przez zjawisko rezonansu pomieszczeń, elementów konstrukcyjnych lub całych obiektów. Poziom ciśnienia akustycznego może wówczas przewyższać poziom zmierzony bezpośrednio w pobliżu źródła hałasu.

Prowadzono wiele badań hałasów niskoczęstotliwościowych, przenikających do pomieszczeń mieszkalnych od urządzeń zainstalowanych w budynku lub poza budynkiem [1], [9], [10] oraz wprowadzono nowe instrukcje określające metody pomiaru i oceny hałasu niskoczęstotliwościowego występującego w mieszkaniach [11]. Spełnienia podanych przez nie wartości ograniczających poziomy hałasu niskoczęstotliwościowego powinno zabezpieczyć względnie komfortowe warunki akustyczne w pomieszczeniach mieszkalnych. [5], [8], [12], [14], [15].

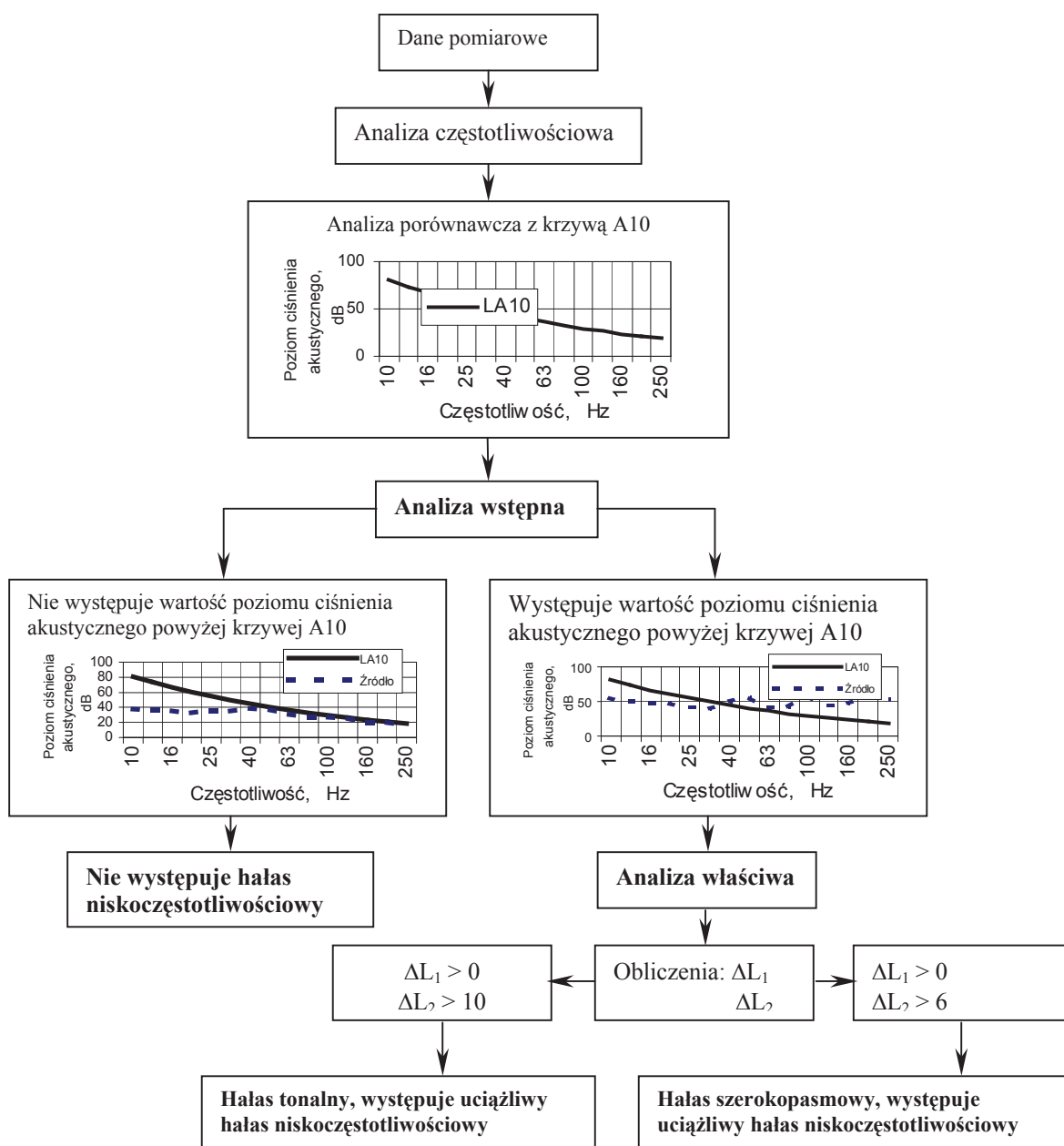
Fale infradźwiękowe i niskoczęstotliwościowe także występują w budownictwie mieszkalnym. Ściany i materiały izolacyjne nie stanowią praktycznie żadnej przeszkody dla tego typu fal. Celem pracy jest ocena hałasu niskoczęstotliwościowego występującego w wytypowanym budynku w oparciu o badania własne. Ocenę warunków akustycznych występujących w budynku przeprowadzono w oparciu o Instrukcję ITB 358/98 [11].

2. OBIEKT BADAŃ I METODA OCENY WYNIKÓW BADAŃ

Badania przeprowadzono w budynku czterokondygnacyjnym. Ze względu na fakt, że hałas pochodzący od urządzeń technicznych jest gorzej tolerowany niż hałas pochodzący od środków komunikacyjnych, w pierwszej kolejności badania skoncentrowano na pomiarach hałasu pochodzącego od urządzeń zainstalowanych w pomieszczeniach technicznych budynku (wymienik ciepła) oraz urządzeń domowych powszechnie używanych (lodówka i kuchenka mikrofalowa). Zostały przeprowadzone również badania poziomu ciśnienia akustycznego w zależności od warunków atmosferycznych (wiatr,

deszcz i wyładowania atmosferyczne). W celu wyeliminowania wpływu źródeł innych źródeł hałasu badania przeprowadzono w godzinach nocnych (od 3 do 5).

Badania i analizy warunków akustycznych niskoczęstotliwościowych przeprowadzono korzystając z zestawu pomiarowego zbudowanego z: mikrofonu typ SV02, przedwzmacniacza SV01 i analizatora dźwięku i drgań SVAN 912. Następnie uzyskane wyniki zostały przeanalizowane za według instrukcji ITB 358/98, podczas opracowywania wyników zastosowano dwa kryteria oceny: ocenę wstępną i ocenę właściwą hałasu niskoczęstotliwościowego [11]. Algorytm oceny ekspozycji na człowieka fali akustycznej niskoczęstotliwościowej przedstawiono na rys. 1.



Rys. 1. Algorytm oceny ekspozycji na człowieka fali akustycznej niskoczęstotliwościowej

Ocenę wstępną dokonano graficznie zestawiając na rysunkach widmo poziomu ciśnienia akustycznego w pasmach 1/3 oktaowych oraz charakterystykę poziomów zalecanych A10. Ocena wstępna pozwoliła określić, czy w badanym pomieszczeniu występuje hałas niskoczęstotliwościowy oraz czy celowe jest dokonywanie oceny właściwej. W przypadku, gdy w widmie fali niskoczęstotliwościowej występowały składowe z zakresu 10 Hz- 250 Hz o poziomach większych od poziomów określonych charakterystyką A10 stwierdzano, że w pomieszczeniu występuje hałas niskoczęstotliwościowy i kontynuowano ocenę właściwą.

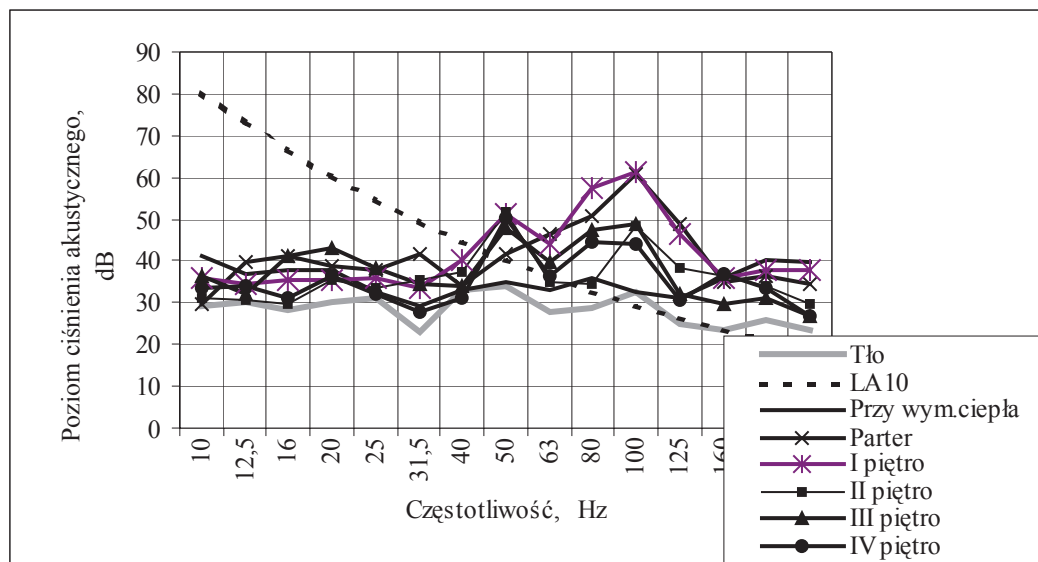
Ocena właściwa hałasu niskoczęstotliwościowego polegała na ocenie następujących różnic: ΔL_1 i ΔL_2 , gdzie:

ΔL_1 – różnica między zmierzonym poziomem ciśnienia akustycznego w pasmach 1/3 oktaowych dla hałasu niskoczęstotliwościowego L_H a poziomem ciśnienia akustycznego dla krzywej odniesienia L_{A10} ,

ΔL_2 – różnica między zmierzonym poziomem ciśnienia akustycznego w pasmach 1/3 oktaowych dla hałasu niskoczęstotliwościowego L_H a poziomem ciśnienia akustycznego tła akustycznego L_T .

3. WYNIKI POMIARÓW

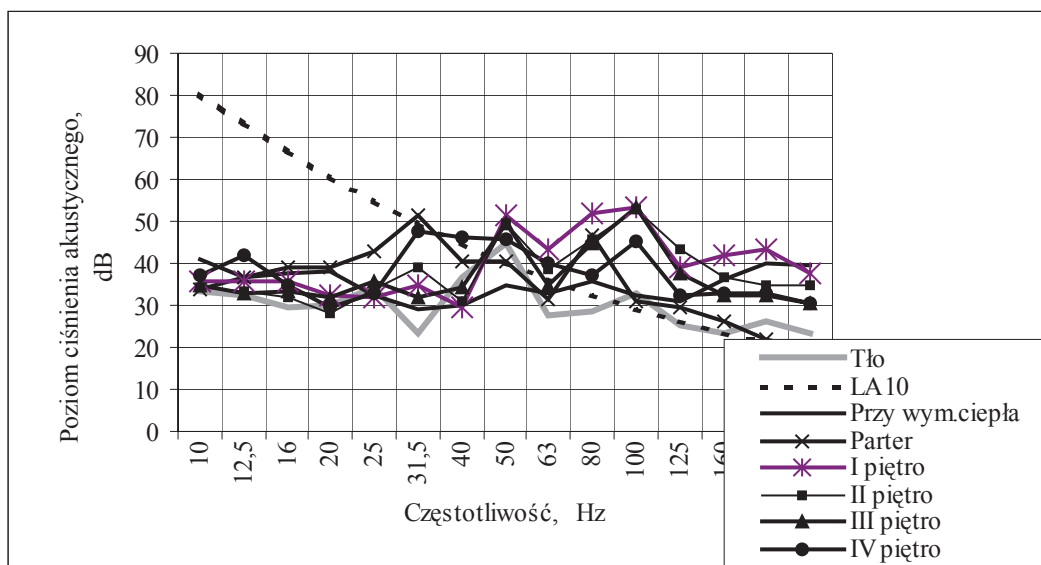
Badania przeprowadzono w 8 płaszczyznach pomiarowych: 5 płaszczyznach równoległych do płaszczyzny poziomej (parter oraz 4 piętra) oraz w 3 płaszczyznach prostopadłych (bezpośrednio nad źródłem oraz w odległości 15 metrów z lewej i prawej strony). Pomiarów przeprowadzono w godzinach nocnych od 3 do 5 nad ranem. Wybrane wyniki pomiarów i przeprowadzonych analiz zamieszczono na rysunkach 2 – 8. Na rysunkach 2 – 4 przedstawiono analizy 1/3 oktaowe poziomu ciśnienia akustycznego generowanego przez wymiennik ciepła w zależności od odległości.



Rys. 2. Charakterystyki widmowe poziomów ciśnienia akustycznego generowanego przez wymiennik ciepła w zależności od odległości, po lewej stronie źródła

Analiza zamieszczonych charakterystyk 1/3 oktaowych wykazuje, że wartości poziomu ciśnienia akustycznego fali infradźwiękowej zależą od wysokości budynku (piętra) oraz położenia punktu pomiarowego, w pewnych miejscach występuje wzmocnienie a w innych zmniejszenie poziomu ciśnienia akustycznego. W zakresie częstotliwości od 10 do 16 Hz można zauważyć niewielkie wahania w poziomie ciśnienia

akustycznego w granicach 15%, w przedziale od 80 do 125 Hz wahania sięgają do 50 %. W paśmie częstotliwości od 25 Hz do 125 Hz poziom ciśnienia akustycznego jest najmniejszy przy wymienniku ciepła. Powyżej częstotliwości 63 Hz wszystkie krzywe przekroczyły zalecany poziom ciśnienia akustycznego zalecany charakterystyką A10.

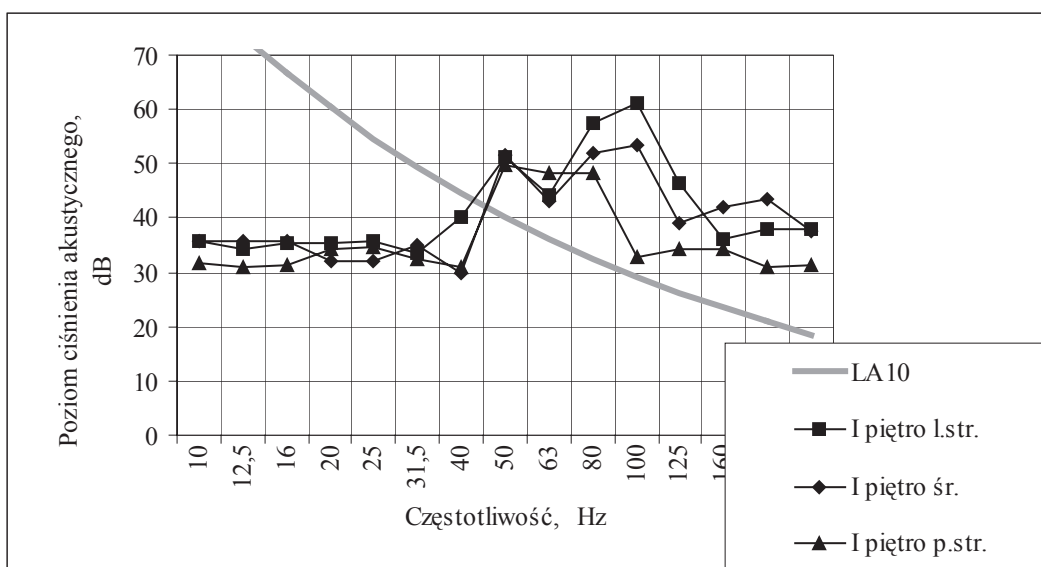


Rys. 3. Charakterystyki widmowe poziomów ciśnienia akustycznego generowanego przez wymiennik ciepła w zależności od odległości, bezpośrednio nad źródłem

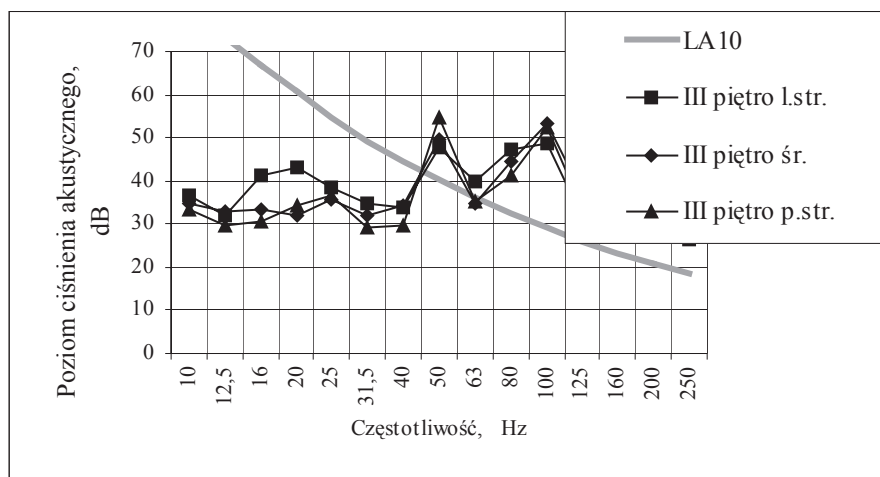
W przypadku punktów pomiarowych usytuowanych bezpośrednio nad wymiennikiem ciepła zaobserwowano różnice w całym paśmie częstotliwości z dużymi wahaniami w zakresie od 25 do 125 Hz. Dla częstotliwości 100 Hz poziom ciśnienia akustycznego na wszystkich piętrach wynosił około 53 dB, i w porównaniu do parteru różnica ta wynosiła 22 dB. Dla częstotliwości większych od 63 Hz wszystkie krzywe również przekroczyły zalecany poziom ciśnienia hałasu niskoczęstotliwościowego w pomieszczeniach mieszkalnych. Na przedstawionym rysunku (rys. 3) można również zauważyć, że w paśmie częstotliwości od 25 do 125 Hz najmniejsza

wartość poziomu ciśnienia akustycznego występuje bezpośrednio przy wymienniku ciepła.

Na rysunkach 4 i 5 zamieszczono porównanie zmian poziomu ciśnienia akustycznego w płaszczyźnie poziomej. Analiza zamieszczonych charakterystyk pozwala zauważyć, że do częstotliwości 80 Hz fala akustyczna rozchodzi się niemal równomiernie po całej powierzchni pięter, oraz że powyżej częstotliwości 50 Hz wszystkie krzywe przekroczyły zalecany poziom określony charakterystyką A10. Dla częstotliwości 100 Hz, różnica pomiędzy wartościami poziomu ciśnienia akustycznego zmierzonymi po prawej i po lewej stronie piętra wynosi aż 30 dB.



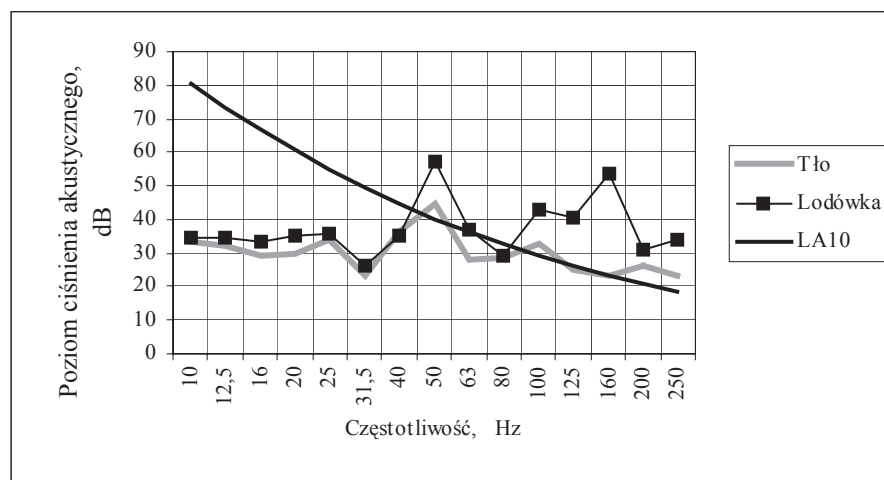
Rys. 4. Charakterystyki widmowe poziomów ciśnienia akustycznego generowanego przez wymiennik ciepła w zależności od miejsca pomiaru, I piętro



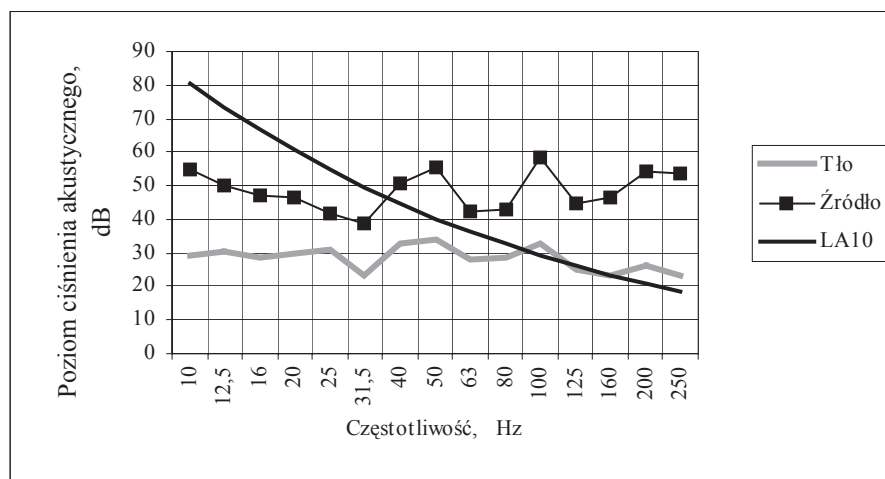
Rys. 5. Charakterystyki widmowe poziomów ciśnienia akustycznego generowanego przez wymiennik ciepła w zależności od miejsca pomiaru, III piętro

Na rys. 6. analizy 1/3 oktawowe przedstawiono poziomu ciśnienia akustycznego generowanego przez lodówkę i poziom tła akustycznego w jednym z pomieszczeń w badanym budynku, a na rysunku 7 zamieszczono wyniki pomiarów dźwięków generowanych przez pracującą lodówkę i kuchenkę mikrofalową. Analiza zamieszczonych wyników

pomiarów pozwala wnioskować, że hałas ma charakter tonalny i występują w nim składowe dla częstotliwości 50 i 250 Hz o poziomie około 13 dB większym od poziomu określonego charakterystyką A10, a dla częstotliwości 160 Hz aż o 30,3 dB. W pomieszczeniu występował uciążliwy hałas niskoczęstotliwościowy.



Rys. 6. Wstępną graficzną ocenę hałasu w jednym z pomieszczeń mieszkalnych w budynku, źródłem hałasu jest pracująca lodówka



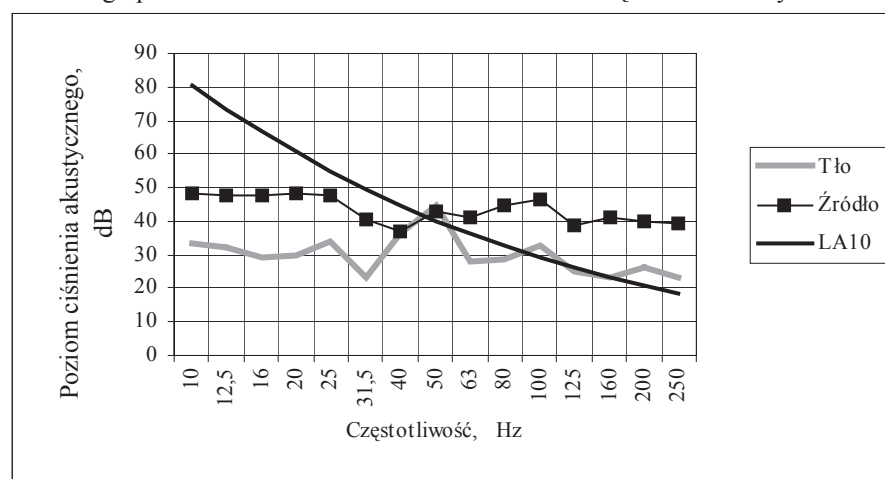
Rys. 7. Wstępną graficzną ocenę hałasu w jednym z pomieszczeń mieszkalnych w budynku, źródłem hałasu jest pracująca lodówka i kuchenka mikrofalowa

Analiza zamieszczonych charakterystyk oraz przeprowadzone obliczenia pozwalają zauważyć, że różnica pomiędzy wartością poziomu ciśnienia akustycznego tła pomiarowego a wartością ciśnienia akustycznego źródła, w całym zakresie częstotliwości wynosi około 16 dB. Hałas ma charakter tonalny występują w nim składowe w przedziale od 40 do 250 Hz o poziomie średnio 20 dB większym od poziomów określonych charakterystyką A10, pozwoliło to na wnioskowanie że w pomieszczeniu występował uciążliwy hałas niskoczęstotliwościowy.

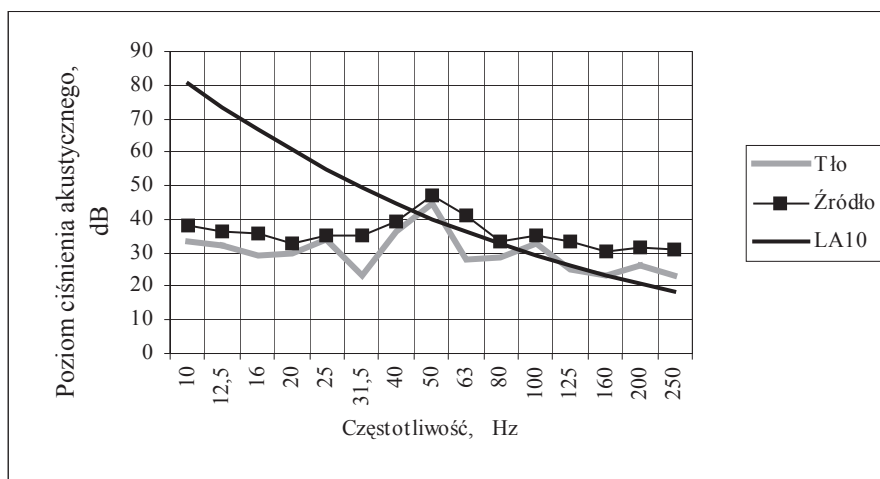
Na rys. 8 przedstawiono wyniki analiz 1/3 oktawowych poziomu ciśnienia akustycznego generowanego przez wiatr przy kratce wentylacyjnej a na rys. 9 i przedstawiono wyniki analiz 1/3 oktawowych poziomu ciśnienia akustycznego generowanego przez wiatr i deszcz.

Analiza charakterystyk zamieszczonych na rys. 8 pozwala na stwierdzenie, że hałas ma charakter tonalny i występuje w nim główna składowa dla częstotliwości 100 Hz o poziomie 12,2 dB większym od poziomu określonego charakterystyką A10 i o 17,6 dB większym od poziomu tła akustycznego. Należy ocenić, że w pomieszczeniu występował uciążliwy hałas niskoczęstotliwościowy.

Analiza 1/3 oktawowej wartości poziomu ciśnienia akustycznego przedstawionych na rys. 9 pozwala zauważyć, że w przedziale częstotliwości od 63 do 250 Hz składowe są większe od poziomu określonego charakterystyką A10, ale żadna z obliczonych różnic L_1 i L_2 nie spełnia warunków określonych w algorytmie obliczeniowym. W badanym przypadku nie występował uciążliwy hałas niskoczęstotliwościowy.



Rys. 8. Poziom ciśnienia akustycznego generowany przez wiatr przy kratce wentylacyjnej



Rys. 9. Poziom ciśnienia akustycznego w zależności od warunków atmosferycznych (wiatr i deszcz)

4. PODSUMOWANIE

W pracy przeprowadzono ocenę uciążliwości fal niskoczęstotliwościowych dla zdrowia i bezpieczeństwa ludzi w wybranym budynku mieszkalnym. Przebadano typowe źródła fal niskoczęstotliwościowych występujących w budownictwie mieszkalnym: wymiennik ciepła, lodówka, kuchenka mikrofalowa oraz wpływ warunków atmosferycznych, a ocenę przeprowadzono w oparciu o instrukcję Instytutu Techniki Budowlanej nr 358/98.

Przeprowadzone analizy i oceny przeprowadzone dla wybranego pozwalają na sformułowanie następujących wniosków:

1. W przypadku wymiennika ciepła wraz ze zmianą wysokości można zaobserwować różnice w poziomie ciśnienia akustycznego spowodowane wzmocnieniem lub wyłumieniem fal niskoczęstotliwościowych. Wzmocnienie poziomu ciśnienia akustycznego jest szczególnie widoczne na parterze i I piętrze, po lewej stronie budynku przy częstotliwości 100 Hz i wynosi około 30 dB w stosunku do krzywej A10 oraz na parterze po prawej stronie budynku również przy częstotliwości 100 Hz i wynosi 35 dB.
2. W przypadku pomiarów przeprowadzonych wzdłuż poszczególnych pięter nie stwierdzono znacznych różnic poziomu ciśnienia akustycznego w zależności od położenia punktu pomiarowego, z wyjątkiem parteru gdzie przy częstotliwości 100 Hz występuje wyraźne wzmocnienie po prawej i lewej stronie źródła w stosunku do pomiaru przeprowadzonego bezpośrednio nad wymiennikiem ciepła, różnica pomiędzy punktami sięga 30 dB.
3. Poniżej częstotliwości 40 Hz nie występuje przekroczenie zalecanych przez ITB poziomów ciśnienia akustycznego hałasu

niskoczęstotliwościowego w pomieszczeniach mieszkalnych (krzywa A10).

4. Dla częstotliwości powyżej 63 Hz występuje przekroczenie zalecanych poziomów ciśnienia akustycznego hałasu niskoczęstotliwościowego w pomieszczeniach mieszkalnych (krzywa A10), nawet do 30 dB dla częstotliwości 100 Hz.
5. W przypadku lodówki stwierdzono znaczny wzrost poziomu ciśnienia akustycznego w granicach częstotliwości od 100 do 200 Hz, natomiast przy równoczesnym pomiarze lodówki i mikrofalówki można zaobserwować znaczny wzrost poziomu ciśnienia akustycznego już od częstotliwości 40 Hz i przekracza on krzywą A10 o 29 dB dla częstotliwości 100 Hz o 34 dB dla częstotliwości 200 Hz.
6. Przy pomiarach przeprowadzonych przy kratce wentylacyjnej podczas silnego wiatru, stwierdzono występowanie fal niskoczęstotliwościowych. Powyżej 50 Hz różnica poziomu ciśnienia akustycznego w stosunku do tła wynosi od 8 do 13 dB.
7. W przypadku pomiarów przeprowadzonych w czasie trwania deszczu i wiatru nie stwierdzono występowania fali niskoczęstotliwościowej, jednak wielu autorów prac badawczych podaje, że warunki atmosferyczne mają wpływ na tworzenie się fali niskoczęstotliwościowej.

Przedstawione w tej pracy źródła fal niskoczęstotliwościowych, wykazują, że fale niskoczęstotliwościowych generowane przez wymienione źródła mogą być uciążliwe dla osób przebywających w tych budynku. Uzyskane wyniki wskazują że, fale infradźwiękowe oraz hałas niskoczęstotliwościowy mogą być uciążliwe w budownictwie mieszkaniowym.

5. LITERATURA:

- [1]. Augustyńska D., Infrasonic noise emitted by flow machines. Its sources and reduction method. *Journal of Low frequency Noise and Vibration*, 1, 1989.
- [2]. Damijan Z., Panuszka R., McGlothlin J., Standardization of Infrasounds and Low Frequency Noises for Health Benefits on Human. *JASA*, Vol. 112, No.5. Pt.2 od 2. Nov. 2002. p.2244. 2002.
- [3]. Damijan Z., Kasprzak C., Panuszka R., Korzewski J., Changes of the impacts of LFN (low-frequency noise) on level of arousal with use psychological self report. „Structures -- Waves -- Biomedical Engineering. Vol. 12 no 1, s. 21 - 28, 2003 r.
- [4]. Engel Z., *Ochrona środowiska przed drganiami i hałasem* PWN Warszawa, 2001.
- [5]. Landstrom U., Lindblom-Haggqvist S., Lofsted P., Low frequency noise in lorries and correlated effects on driver. *Journal of Low frequency Noise and Vibration*, 2(3) 72-74, 1993.
- [6]. Kaczmarska A., Augustyńska D., Engel Z., Górski P., *Przemysłowe zabezpieczenia przed hałasem infradźwiękowym i niskoczęstotliwościowym*, Centralny Instytut Ochrony Pracy, 2001
- [7]. Kaczmarska, A., Augustyńska, D. Study of sound insulation of control cabins in industry in the low frequency range. *Journal of Low Frequency Noise and Vibration*, 11, 42-46, 1992.
- Leventhall G., *A Review of Published Research on Low Frequency Noise and its Effects*. Defra Publications. Crow Copyright, 2003.
- [8]. Mirowska M., *Metody subiektywnej i obiektywnej oceny uciążliwości hałasów w pomieszczeniach mieszkalnych*. Materiały konferencyjne Otwarte seminarium z Akustyki, 21-38, 1997
- [9]. Mirowska M., *Badania narażenia na hałas niskoczęstotliwościowy w pomieszczeniach mieszkalnych*. Prace Instytutu Techniki Budowlanej, 90-107, 1-2 (101-102), 1997
- [10]. Mirowska M., *Propozycja metody oceny hałasu niskoczęstotliwościowego występującego w pomieszczeniach mieszkalnych*. Materiały konferencyjne Otwarte seminarium z Akustyki, 421-426, 1998.
- [11]. Mirowska M., *Ocena hałasu niskoczęstotliwościowego w pomieszczeniach mieszkalnych*. Instrukcja ITB Nr 358/98. Instytut Techniki Budowlanej, Warszawa 1998.
- [12]. Mirowska M., *Badania i ocena hałasów niskoczęstotliwościowych w budynkach mieszkalnych*. Materiały konferencyjne Otwarte seminarium z Akustyki, 151-156, 2003
- [13]. Pawlaczyk-Łuszczynska. M., *Source of occupational exposure to infrasonic noise*. *Proc. Noise Contro*, 241 – 246, Krynica 1996.
- [14]. Yamada K., Tokita Y., *Effects of infra and low frequency sound on sleep stage*. *Proceedings of Inter Noise*, 929-932, 1984.
- [15]. Vercammen M.L.S., *Low frequency Noise Limits*. *Noise and Vibrations*. *Journal of Low frequency Noise and Vibration*, 11,1,1992.



Dr inż. Jerzy WICIAK ur. 24.08.1964 r. W 1989 ukończył Politechnikę Krakowską, Wydział Mechaniczny, specjalność samochody i ciągnik. Od 1990 zatrudniony w AGH, WIMiR, od 1996 - adiunkt WIMiR AGH. Wykształcenie - mechanik, specjalność: wibroakustyka. Zainteresowania naukowe: modelowanie struktur mechanicznych metodą MES, akustyka strukturalna, materiały i struktury inteligentne, Inne zainteresowania: teatr, opera, książki, turystyka, sport.