

**SCIENTIFIC
STUDIES**

Monographs

**PRACE
NAUKOWE**

Monografie

Marianna Mirowska

**Hałas niskoczęstotliwościowy
w budynkach mieszkalnych
Źródła, skutki oddziaływania
i metody oceny uciążliwości**

Low-frequency noise in residential buildings

Noise sources, effects on inhabitants and methods
of nuisance assessment



Instytut Techniki Budowlanej

Warszawa 2013

KOMITET REDAKCYJNY SERII

Redaktor naczelny	LECH CZARNECKI
Zastępca redaktora	LESŁAW BRUNARSKI
	JADWIGA FANGRAT
Sekretarz	MICHAŁ GAJOWNIK
Członkowie	PAWEŁ LEWIŃSKI
	TERESA MOŻARYN
	GRZEGORZ SZTARBAŁA
	SEBASTIAN WALL

Recenzent
dr hab. inż. JERZY WICIAK, prof. nadzw. AGH

Redakcja
MICHAŁ GAJOWNIK

Skład
SŁAWOMIR KOZIARSKI

© Copyright by Instytut Techniki Budowlanej
Warszawa 2013

*Czterysta pięćdziesiąta siódma pozycja
„Prac naukowych ITB”*

ISBN 978-83-249-6766-7 (PDF)

 Instytut Techniki Budowlanej

Dział Upowszechniania Wiedzy
02-656 Warszawa, ul. Ksawerów 21, tel.: 22 843 35 19
www.itb.pl Sklep internetowy klient.itb.pl

Spis treści

<i>Streszczenie</i>	5
<i>Summary</i>	6
Od autora	7
Wykaz oznaczeń	9
1. Wprowadzenie	11
2. Ogólna charakterystyka hałasu niskoczęstotliwościowego w świetle danych literaturowych	13
2.1. Podstawowe definicje	13
2.2. Fizyczne właściwości hałasu niskoczęstotliwościowego	14
2.3. Percepcja i oddziaływanie infradźwięków i hałasów niskoczęstotliwościowych na człowieka	16
2.4. Fizjologiczne skutki oddziaływania infradźwięków i hałasów niskoczęstotliwościowych na organizm człowieka	19
2.5. Dopuszczalne poziomy hałasu niskoczęstotliwościowego w pomieszczeniach mieszkalnych	22
3. Identyfikacja źródeł hałasu niskoczęstotliwościowego występujących w budownictwie mieszkaniowym w Polsce	25
3.1. Informacje wstępne	25
3.2. Źródła uciążliwego hałasu występującego w budynkach mieszkalnych w Polsce	26
3.3. Przegląd i analiza wyników pomiarów hałasu niskoczęstotliwościowego w budynkach mieszkalnych	28
3.4. Przyczyny powstawania hałasu niskoczęstotliwościowego w budynkach	38
4. Wpływ hałasu niskoczęstotliwościowego na zdrowie mieszkańców i subiektywna ocena uciążliwości w świetle badań epidemiologicznych	41
4.1. Metodyka badań	41
4.2. Wyniki badania ankietowego	43
4.3. Wnioski z badań epidemiologicznych nad skutkami zdrowotnymi długotrwałego oddziaływania hałasu niskoczęstotliwościowego na mieszkańców	48

5. Badania laboratoryjne progów detekcji słuchowej dźwięków niskoczęstotliwościowych.....	51
5.1. Cel badań	51
5.2. Metodyka i wyniki badań.....	51
5.3. Wnioski z przeprowadzonych badań laboratoryjnych progów detekcji słuchowej dźwięków niskoczęstotliwościowych	57
6. Metody i kryteria oceny hałasu niskoczęstotliwościowego.....	59
6.1. Informacje wstępne	59
6.2. Przegląd i analiza przydatności stosowanych parametrów i kryteriów oceny hałasu	60
6.3. Kryteria oceny hałasu niskoczęstotliwościowego w budynkach mieszkalnych zaproponowane przez autorkę	70
6.4. Propozycja oceny hałasu niskoczęstotliwościowego na podstawie parametrów hałasu zmierzonych według zaleceń normy europejskiej PN-EN ISO 16032:2006.....	81
7. Podsumowanie	85
8. Bibliografia.....	87

Od autora

Hałas jest szkodliwy nie tylko wówczas gdy jest głośny, ale także gdy jest cichy, nawet ledwie słyszalny i oddziałuje długotrwale na ludzi w ich mieszkaniach. Miałam okazję przekonać się o tym, prowadząc od roku 1985 do 1995 punkt interwencyjny Oddziału Warszawskiego Ligi Walki z Hałasem. Na nasze dyżury przychodzili ludzie udręczeni hałasem w swoich mieszkaniach, głównie instalacyjnym. Opowiadali jak cierpią, jak wygląda ich życie z hałasem, przypominającym „ciągle brzęczącego komara przy uchu”, mówili o marzeniach, by chociaż na chwilę wyłączył się transformator i nastąpiła cisza. Często przynosili sterty dokumentów kierowanych do różnych instytucji.

Próbowaliśmy interweniować, ale w wielu przypadkach byliśmy bezsilni wobec jednoznacznej opinii jednostek sanepidu, że dokuczliwy hałas nie przekracza wartości dopuszczalnych i skargę należy uznać za nieuzasadnioną. Zastanawiałam się wówczas, dlaczego ci ludzie skarżą się na hałas o poziomach powszechnie uznawanych jako nieuciążliwe. Czy wynika to z ich większej wrażliwości słuchowej, czy może ze specyficznego charakteru tego hałasu?

W literaturze fachowej ukazywało się coraz więcej doniesień o hałasie niskoczęstotliwościowym, jego większej dokuczliwości i konieczności jego odrębnej oceny, a niektórzy ze skarżących wręcz sugerowali możliwość występowania infradźwięków. Dlatego postanowiłam zgłębić ten problem i podjęłam w ramach działalności statutowej ITB realizację tematu badawczego dotyczącego hałasu niskoczęstotliwościowego w budynkach [33].

W 1996 r. uzyskałam fundusze z Komitetu Badań Naukowych na grant [42], dzięki któremu mogłam rozszerzyć zakres badań i przeprowadzić z zespołem lekarzy z Akademii Medycznej m.in. badania epidemiologiczne skutków zdrowotnych oddziaływania hałasu niskoczęstotliwościowego. Rezultatem tego grantu było opracowanie nowej metody oceny hałasu niskoczęstotliwościowego występującego w mieszkaniach, opisanej w Instrukcji ITB nr 358/98 [43] i zaleconej do stosowania w praktyce. Mimo, że instrukcja nie doczekała się umocowań prawnych, podana w niej metoda oceny hałasu była i jest stosowana w licznych ekspertyzach, nie tylko ITB i nie tylko w Polsce. Proponowana w niej metoda umożliwi identyfikację hałasu niskoczęstotliwościowego i ocenę jego uciążliwości także w trudnych przypadkach – hałasu o bardzo małych poziomach.

W ostatnich latach, po wprowadzeniu w Polsce normy europejskiej PN-EN ISO 16032:2006 [92], zawierającej dokładną metodę pomiaru hałasu instalacyjnego w budynkach, opracowałam nową metodę oceny widma hałasu, bazującą na parametrach zmierzonych według zaleceń tej normy, z uwzględnieniem zakresu niskoczęstotliwościowego. Metodę tę przewiduje się zamieścić w przygotowywanej w ITB instrukcji dotyczącej nowych metod pomiaru i oceny hałasu instalacyjnego w budynkach.

Niniejsza monografia stanowi podsumowanie moich dotychczasowych badań nad hałasem niskoczęstotliwościowym. Dedykuję ją wszystkim dręczonym przez hałas w swoich mieszkaniach. Mam nadzieję, że rezultaty tej pracy przyczynią się do poprawy warunków akustycznych w budynkach i pomogą w zmaganiach o wyciszenie hałasu.

Będzie to zasługą wszystkich, którzy przyczynili się do powstania monografii: prof. Jerzego Sadowskiego i prof. Zbigniewa Engela, którzy inspirowali i wspierali mnie w prowadzonych badaniach, doc. Danuty Augustyńskiej z CIOP, która zawsze służyła mi swoim dorobkiem i doświadczeniem z zakresu hałasów niskoczęstotliwościowych.

Dziękuję również zespołowi Akademii Medycznej – śp. dr Elżbiecie Mróz, dr Wioletcie Mróz, mgr. Zbigniewowi Lewandowskiemu – za wspólne badania ankietowe skutków oddziaływania hałasu na mieszkańców, kolegom z Akademii Muzycznej, wykonującym badania progów detekcji hałasów niskoczęstotliwościowych, co pozwoliło mi na szerszą analizę badanych zjawisk, koleżankom i kolegom z Zakładu Akustyki, na czele z byłym już kierownikiem Zakładu dr. inż. Markiem Niemasem za jego przychylność oraz Dyrekcji ITB – dyr. dr inż. Jadwidze Fangrat i dyr. dr. inż. Michałowi Wójtowiczowi – za konstruktywne nastawienie i umożliwienie prac nad rozprawą w ITB, a także recenzentowi dr. hab. inż. Jerzemu Wiciakowi, prof. AGH, za jego życzliwe uwagi.

Wykaz oznaczeń

- L – poziom ciśnienia akustycznego w 1/3-oktawowym lub oktawowym pasmie częstotliwości, dB
- L_{eq} – równoważny poziom ciśnienia akustycznego w 1/3-oktawowym lub oktawowym pasmie częstotliwości, odniesiony do przyjętego czasu oceny, obliczony według wzoru

$$L_{eq} = 10 \lg \left[\frac{1}{T} \sum_{i=1}^n (t_i 10^{0.1 L_{mi}}) \right]$$

gdzie:

- T – czas oceny w s, przy czym $T = \sum t_i$,
- t_i – czas, w którym poziom ciśnienia akustycznego można uznać za ustalony, s,
- n – liczba odcinków czasowych t_i w przedziale czasu T ;
- L_{mi} – średni poziom ciśnienia akustycznego w pasmie oktawowym lub 1/3-oktawowym, dB, obliczony według wzoru:

$$L_m = 10 \lg \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 10^{0.1 L_i}$$

gdzie:

- L_i – poziom ciśnienia akustycznego w oktawowym lub 1/3-oktawowym pasmie częstotliwości w i -tym odczycie, występujący w czasie t_i , w którym hałas można uznać za ustalony, dB,
- n – liczba odczytów;
- f – częstotliwość, Hz
- L_{lin} – zsumowany energetycznie poziom ciśnienia akustycznego, dB
- L_A – poziom dźwięku A, dB – poziom ciśnienia akustycznego skorygowany charakterystyką częstotliwościową A
- k_A – wartość korekcyjna charakterystyki częstotliwościowej A dla środkowej częstotliwości pasm 1/3-oktawowych lub oktawowych, dB
- L_G – poziom infradźwięków G, dB – poziom ciśnienia akustycznego skorygowany charakterystyką częstotliwościową G
- k_G – wartość korekcyjna charakterystyki częstotliwościowej G w pasmach 1/3-oktawowych, dB
- L_{Aeq} – równoważny poziom dźwięku A, dB

L_{Af} – poziom ciśnienia akustycznego skorygowany charakterystyką częstotliwościową A w poszczególnych pasmach 1/3-oktawowych lub oktawowych, dB, obliczony według wzoru

$$L_{Af} = L_{m(eq)} - k_A$$

gdzie:

$L_{m(eq)}$ – średni (równoważny) poziom ciśnienia akustycznego w 1/3-oktawowym lub oktawowym pasmie częstotliwości,

L_{FA} – wskaźnik oceny poziomu hałasu niskoczęstotliwościowego według Vercammena, dB – poziom dźwięku A obliczony dla zakresu częstotliwości od 10 Hz do 160 Hz

L_{A10} – poziomy ciśnienia akustycznego w pasmach 1/3-oktawowych, odpowiadające poziomom ciśnienia akustycznego skorygowanym charakterystyką częstotliwościową A, równym $L_{Af} = 10$ dB w każdym pasmie częstotliwości

$$L_{A10} = 10 - k_A$$

A10 – oznaczenie charakterystyki określającej granicę zalecanych poziomów ciśnienia akustycznego dla pasm 1/3-oktawowych w pomieszczeniach mieszkalnych

L_{A15} – poziomy ciśnienia akustycznego w pasmach oktawowych, odpowiadające poziomom ciśnienia akustycznego, skorygowanym charakterystyką częstotliwościową A, równym $L_{Af} = 15$ dB w każdym pasmie częstotliwości

$$L_{A15} = 15 - k_A$$

A15 – oznaczenie charakterystyki określającej granicę zalecanych poziomów ciśnienia akustycznego dla pasm oktawowych w pomieszczeniach mieszkalnych

EEG – elektroencefalografia – nieinwazyjna metoda diagnostyczna służąca do badania bioelektrycznej czynności mózgu za pomocą elektroencefalografu

GPN – oznaczenie charakterystyki określającej granicę poziomów nieuciążliwych w pomieszczeniach mieszkalnych

NCB – wskaźnik uciążliwości hałasu według Beranka

S – głośność w sonach,

P – poziom głośności w fonach

$L_{N,max}$ – poziom głośności obliczony wg ISO 532 dla najgłośniejszej składowej widma, w fonach

1. WPROWADZENIE

W akustyce budowlanej poświęcano dotychczas niewiele uwagi zagadnieniom dźwięków niskoczęstotliwościowych. Praktycznie ciągle, zgodnie z zaleceniami obowiązujących norm PN-EN ISO, analizuje się i ocenia właściwości przegród, materiałów i elementów budowlanych w zakresie częstotliwości powyżej 100 Hz, a do oceny hałasu stosuje się jednoliczbowy wskaźnik – poziom dźwięku A, odnoszący się do całego słyszalnego zakresu częstotliwości i nieinformujący o charakterze hałasu.

Dopiero w ostatnich latach, dzięki postępowi w zakresie technik pomiarowych, w wielu ośrodkach badawczych na świecie zintensyfikowano badania w zakresie infradźwięków i dźwięków o niskich częstotliwościach. Występowanie hałasów niskoczęstotliwościowych stwierdza się nie tylko w zakładach produkcyjnych i w środowisku zewnętrznym, ale także w budynkach mieszkalnych, gdzie ze względu na specyficzne i długotrwałe oddziaływanie na organizm człowieka, mogą być one szczególnie szkodliwe.

Jak wykazują badania i obserwacje własne – około 70% skarg zgłaszanych na hałas występujący w pomieszczeniach mieszkalnych, dotyczy hałasów niskoczęstotliwościowych, pochodzących od urządzeń zainstalowanych w budynku lub poza nim, takich jak: pompy, transformatory, wentylatory, agregaty chłodnicze. Tak duże zagrożenie hałasem niskoczęstotliwościowym wynika z faktu, że hałas ten, wskutek dużej długości fali, rozprzestrzenia się na znaczne odległości, jest w niewielkim stopniu tłumiony przez przegrody i z łatwością przenika do pomieszczeń, a niekiedy wręcz ulega w nich wzmocnieniu wskutek rezonansów przegród lub pomieszczeń. Ponadto nieprzyjemny, buczący charakter tego hałasu, pojawiającego się w warunkach stosunkowo cichego tła akustycznego, sprawia, że jest on odbierany jako szczególnie dokuczliwy w środowisku domowym.

Równocześnie stosowany obecnie sposób oceny hałasu w pomieszczeniach mieszkalnych za pomocą jednoliczbowego wskaźnika – poziomu dźwięku A, jest niezadowolający do oceny hałasu niskoczęstotliwościowego – nie odpowiada subiektywnej ocenie uciążliwości tego hałasu. W wielu przypadkach, mimo nieprzekroczonych dopuszczalnych poziomów dźwięku A, hałas w mieszkaniach jest słyszalny i odbierany jako uciążliwy.

Należy przy tym zauważyć, że o ile w przemyśle, wskutek szeroko podjętej walki z hałasem oraz modernizacji i automatyzacji wielu procesów technologicznych, maleje liczba ludzi narażonych na głośny hałas, o tyle wzrasta zagrożenie uciążliwym hałasem niskoczęstotliwościowym w środowisku zamieszkania, chociażby przez wzrost liczby urządzeń takich, jak: klimaty-

zatory, wentylatory, agregaty chłodnicze itp., instalowanych w pomieszczeniach budynków mieszkalnych, czy też wskutek wzrostu motoryzacji i sytuowania garaży w budynkach.

Stąd też wyłoniła się pilna potrzeba podjęcia badań nad zagrożeniem hałasem niskoczęstotliwościowym w budynkach mieszkalnych i opracowania nowych kryteriów oceny tego hałasu.

Realizację systematycznych badań hałasu niskoczęstotliwościowego w budynkach autorka podjęła w Zakładzie Akustyki ITB kilkanaście lat temu. Prowadziła je zarówno w ramach grantu [42], tematów badawczych [33], [34], jak i licznych ekspertyz.

W pracy wyodrębniono sześć rozdziałów. W rozdziale drugim usystematyzowano podstawowe pojęcia i dokonano ogólnej charakterystyki hałasu niskoczęstotliwościowego na podstawie danych literaturowych. Dalsze rozdziały pracy zawierają wyniki badań własnych autorki. Problematyka trzeciego rozdziału dotyczy identyfikacji głównych źródeł uciążliwego hałasu niskoczęstotliwościowego, występującego w budynkach mieszkalnych, na podstawie wyników przeprowadzonych pomiarów hałasu w mieszkaniach. W rozdziale czwartym zamieszczono wyniki badań epidemiologicznych skutków zdrowotnych długotrwałego oddziaływania hałasu niskoczęstotliwościowego na mieszkańców oraz analizę subiektywnej oceny hałasu występującego w pomieszczeniach mieszkalnych. Rozdział piąty zawiera wyniki badań laboratoryjnych progów detekcji dźwięków niskoczęstotliwościowych w warunkach ciszy i w obecności maskera, w celu określenia, kiedy – dla jakich poziomów – hałas występujący w mieszkaniach należy uznać za słyszalny i uciążliwy. Wyniki pomiarów hałasu w mieszkaniach oraz rezultaty badań epidemiologicznych i badań progów detekcji dźwięków niskoczęstotliwościowych stanowiły podstawę opracowania własnych, nowych kryteriów oceny hałasu, odnoszących się do hałasów niskoczęstotliwościowych, zamieszczonych w rozdziale 6.

2. OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA HAŁASU NISKOCZĘSTOTLIWOŚCIOWEGO W ŚWIETLE DANYCH LITERATUROWYCH

2.1. Podstawowe definicje

Pojęcie „hałas niskoczęstotliwościowy” (*low frequency noise*) pojawiło się w literaturze stosunkowo niedawno i odnosi się do hałasu, w widmie którego występują składowe infradźwiękowe i składowe dźwięków słyszalnych z zakresu niskich częstotliwości o znaczących poziomach. Zakres częstotliwości, czyli wartości górnej i dolnej granicy częstotliwości tego hałasu, nie zostały jednoznacznie określone. Zresztą graniczne częstotliwości infradźwięków są trudne do jednoznacznego określenia.

Norma ISO 7196:1995 [84] wprowadza następujące definicje:

Infradźwięki – dźwięki lub hałas, którego widmo zawarte jest głównie w pasmie częstotliwości od 1 Hz do 20 Hz*.

Dźwięki z zakresu częstotliwości słyszalnych – dźwięki lub hałas, którego widmo zawarte jest przede wszystkim w zakresie częstotliwości od 20 Hz do 20 000 Hz.

Dźwięk szerokopasmowy – dźwięk lub hałas, który składa się częściowo z infradźwięków i częściowo z dźwięków słyszalnych.

W normie PN 86/N-01338 [88] „Hałas infradźwiękowy. Dopuszczalne wartości poziomu ciśnienia akustycznego na stanowiskach pracy i ogólne wymagania dotyczące wykonywania pomiarów”, infradźwięki zdefiniowano jako dźwięki lub hałas, którego widmo częstotliwości zawarte jest w zakresie od 2 Hz do 16 Hz; ponadto norma ta wprowadza nowe określenie:

Hałas infradźwiękowy – hałas, w widmie którego występują składowe o częstotliwościach infradźwiękowych i częstotliwościach słyszalnych do 50 Hz.

Określenie hałas niskoczęstotliwościowy jest pojęciem szerszym niż hałas infradźwiękowy, a jego definicje spotykane w literaturze są różne. Norma DIN 45680:1997 [79] określa zakres hałasów niskoczęstotliwościowych

* Na Kolokwium Infradźwięków w Paryżu w 1973 r. przyjęto definicję określającą infradźwięki jako fale akustyczne o częstotliwości z zakresu od 0,1 Hz do 20 Hz. Jednak wielu autorów do infradźwięków zalicza również drgania sprężyste ośrodka gazowego lub ciekłego o częstotliwości poniżej 0,1 Hz, a górną granicę często podaje się jako 16 Hz lub 20 Hz.

od 10 Hz do 80 Hz, w holenderskich zaleceniach dla hałasów niskoczęstotliwościowych przyjęto zakres od 10 Hz do 160 Hz, z kolei Leventhall w pracy z 2009 r. [28] do hałasów niskoczęstotliwościowych zalicza hałasy z zakresu od 10 Hz do 250 Hz i wyżej.

W niniejszej pracy **hałasem niskoczęstotliwościowym** przyjęto określać hałas, w widmie którego dominującą rolę odgrywają składowe z zakresu od 10 Hz do 250 Hz. Hałas niskoczęstotliwościowy może mieć charakter szerokopasmowy lub tonalny.

Hałasem tonalnym przyjęto określać hałas, w widmie którego występuje składowa o poziomie ciśnienia akustycznego większym o co najmniej 5 dB niż poziom ciśnienia akustycznego w sąsiednich pasmach częstotliwości.

Przy ocenie hałasu w mieszkaniach, oprócz bezwzględnego poziomu ciśnienia akustycznego hałasu emitowanego przez źródło, należy uwzględnić również poziom tła akustycznego.

Tło akustyczne to najniższe wartości poziomu ciśnienia akustycznego, po wyłączeniu źródła hałasu i wyeliminowaniu hałasów przypadkowych.

2.2. Fizyczne właściwości hałasu niskoczęstotliwościowego

Cechą charakterystyczną dźwięków niskoczęstotliwościowych są duże długości fal i małe ich tłumienie w ośrodkach, wskutek czego mogą one rozprzeszczerzać się na duże odległości od źródła. Z powodu znacznych długości fal (od 34 m dla częstotliwości 10 Hz do 1,36 m dla 250 Hz) tradycyjne przegrody, ekrany czy ustroje dźwiękochłonne są mało skuteczne w ich tłumieniu, a w niektórych przypadkach fale akustyczne mogą wręcz ulegać wzmocnieniu przez zjawiska rezonansu pomieszczeń, elementów konstrukcyjnych lub całych obiektów.

Na rysunku 1 przedstawiono typową charakterystykę izolacyjności akustycznej przegród budowlanych dla zakresu małych częstotliwości. W charakterystyce tej można wyróżnić następujące zakresy:

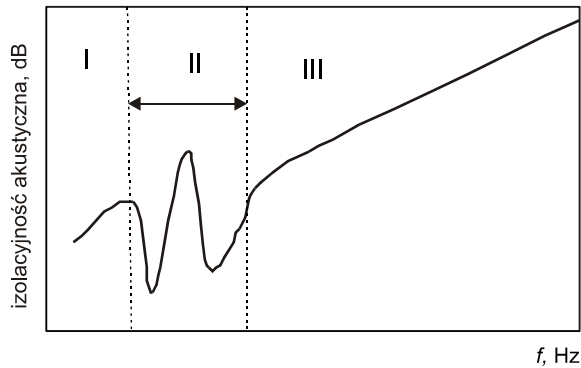
I – zakres, w którym o izolacyjności akustycznej decyduje sztywność przegrody,

II – zakres częstotliwości rezonansowych przegrody,

III – zakres, w którym o izolacyjności akustycznej decyduje masa przegrody.

Zakres częstotliwości rezonansowych, kiedy to występuje znaczne obniżenie izolacyjności akustycznej przegród, dla masywnych przegród zawiera się z reguły w granicach od 10 Hz do 50 Hz, a dla przegród lekkich, warstwowych i okien – w przedziale od 100 Hz do 200 Hz, czyli mieści się w zakresie częstotliwości hałasów niskoczęstotliwościowych.

W zakresie niskich częstotliwości mieszczą się również częstotliwości rezonansowe pomieszczeń mieszkalnych.



Rys. 1. Przebieg typowej charakterystyki izolacyjności akustycznej przegrody budowlanej dla zakresu niskich częstotliwości

I – zakres o decydującym wpływie sztywności, II – zakres częstotliwości rezonansowych, III – zakres o decydującym wpływie masy przegrody

W tabelicy 1 zestawiono najniższe częstotliwości rezonansowe f_r typowych pomieszczeń, obliczone ze wzoru:

$$f_r = \frac{c}{2} \left[\left(\frac{n_x}{l_x} \right)^2 + \left(\frac{n_y}{l_y} \right)^2 + \left(\frac{n_z}{l_z} \right)^2 \right]^{1/2} \quad (1)$$

gdzie:

- l_x, l_y, l_z – wymiary pomieszczeń,
- n_x, n_y, n_z – liczby określające postać drgań: 0,1,2,...,
- c – prędkość fali akustycznej ($c = 340$ m/s).

Występujące w zakresie niskich częstotliwości zjawiska rezonansu pomieszczeń, rezonansów przegród oraz równocześnie mała izolacyjność akustyczna przegród budowlanych i okien, a ponadto rozprzestrzenianie się hałasu niskoczęstotliwościowego na znaczne odległości (co może bardzo utrudniać ustalenie jego źródła) powodują, że hałas ten stanowi poważne zagrożenie dla środowiska zamieszkania.