

prof. dr hab. inż. JERZY SADOWSKI
dr hab. BARBARA SZUDROWICZ
Instytut Techniki Budowlanej

noise
control
'04

Ochrona przed hałasem i drganiami w budownictwie – stan zagadnienia w roku wstąpienia Polski do Unii Europejskiej

W artykule przedstawiono: systematykę zagadnienia, podstawy prawne, stan w zakresie projektowania oraz realizacji ochrony przed hałasem i drganiami budynków mieszkalnych i wybranych obiektów budownictwa ogólnego, problemy akustyczne związane z ochroną przed hałasem otoczenia budynków w obszarach zurbanizowanych, budynek jako źródło hałasu na terenach zurbanizowanych i sposoby jego ograniczania, sposoby ograniczania hałaśliwości i szkodliwej wibracyjności źródeł w terenie zurbanizowanym, lokalizację i modernizację tras komunikacyjnych i obiektów będących źródłami hałasów i drgań, zasady projektowania ochrony przed hałasem i drganiami, wspomaganie projektowania i realizacji ochrony przed hałasem i drganiami w budownictwie ogólnym.

Protection against noise and vibration in the building industry – the state of the issue in the year of Poland's accession to the EU

The paper presents the legal bases of protection from noise and vibrations; the state in the area of designing and implementing protection from noise and vibrations of residential buildings and selected general building facilities; acoustic problems connected with noise protection of surroundings of buildings in urbanized areas; buildings as a source of noise in urbanized areas and ways of restricting it; the principles of designing protection from noise and vibrations.

Wprowadzenie

Ochrona przed hałasem i drganiami w budownictwie była w Polsce przedmiotem prac badawczych, projektowych i realizacyjnych od wielu lat. Pierwsze laboratorium akustyczne na potrzeby akustyki budowlanej zbudowano na Wydziale Architektury Politechniki Warszawskiej w roku 1938. Zostało ono zburzone podczas Powstania Warszawskiego w roku 1944. Po wojnie, pierwsze prace badawcze dotyczyły izolacyjności akustycznej stropów wykonywanych z gruzobetonu, a zainicjował je Instytut Budownictwa (Profesorowie Br. Bukowski, I. Malecki). Systematyczne prace badawcze z zakresu akustyki budowlanej podjęto w Instytucie Techniki Budowlanej (ITB) w roku 1958, a już w roku 1962 zakończono budowę Laboratorium Akustycznego, które w roku 2000 uzupełniono o nowe stanowiska badawcze. Laboratorium to odpowiada wymaganiom norm PN-EN ISO. Posiadanie Laboratorium akustycznego umożliwiło nawiązanie i rozwinięcie współpracy naukowej z ośrodkami badawczymi wyższych uczelni w Polsce oraz z ośrodkami zagranicznymi i instytucjami międzynarodowymi, co zaowocowało znacznym postępowaniem prac badawczo-wdrożeniowych w obszarze ochrony przed hałasem i drganiami w budownictwie.

Przedmiotem tego artykułu jest stan ochrony przed hałasem i drganiami w budownictwie w roku wstąpienia Polski do UE.

Pierwsza norma określająca wymagane wartości izolacyjności akustycznej przegród w budynku oraz dopuszczalne poziomy hałasów w pomieszczeniach pochodziła z lat 70. ubiegłego wieku. Norma ta w kolejnych latach była nowelizowana. Zagadnienia ochrony przed hałasem zostały także włączone przed wieloma laty do polskiego systemu legislacyjnego w budownictwie.

Podstawy prawne

Obecnie obowiązek ochrony przed hałasem budynku i jego otoczenia określają następujące dokumenty prawne:

1) ustawa – Prawo budowlane [1] – obowiązek ochrony przed hałasem ujęty jest w ustawie jako obowiązek ochrony interesów osób trzecich w procesie projektowania, wykonywania i eksploatacji obiektu budowlanego, a także jako jedno z 6 podstawowych wymagań użytkowych, jakim powinny odpowiadać budynki,

2) rozporządzenie ministra infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie [2] – zagadnieniu ochrony przed hałasem i drganiami jest poświęcony dział IX, w którym określono w sposób opisowy cel, zakres i sposób ochrony budynku i jego otoczenia ze wskazaniem na wymagania ujęte w normach PN.

Intencja prawodawcy dotycząca celu, stopnia i zakresu ochrony ujęta w § 323 rozporządzenia [2], brzmi następująco:

Budynek i urządzenia z nim związane powinny być zaprojektowane i wykonane w taki sposób, aby poziom hałasu, na który będą narażeni użytkownicy lub ludzie znajdujący się w ich sąsiedztwie, nie stanowił zagrożenia dla ich zdrowia, a także umożliwiał im pracę, odpoczynek i sen w zadowalających warunkach.

To sformułowanie jest bliskie zawartemu w *Dokumentie interpretacyjnym do dyrektywy 89/106/EWG – Wymaganie podstawowe nr 5 – „Ochrona przed hałasem”* [3], przy czym w dalszej części omawianego rozporządzenia [2] jest rozszerzone także na drgania odbierane przez ludzi przebywających w budynkach.

Podany w rozporządzeniu zakres ochrony budynku przed hałasem oraz środowiska przed hałasem emitowanym przez budynki jest zgodny z dyrektywą 89/106/EWG [4], i *Dokumentem interpretacyjnym – Wymaganie podstawowe nr 5 „Ochrona przed hałasem”* [3], z wyjątkiem pominięcia ochrony przed hałasem pogłosowym, i dotyczy [2]:

– ochrony przed hałasem:

- 1) przenikającym spoza budynku,
- 2) pochodzącym od instalacji i urządzeń stanowiących techniczne wyposażenie budynku,
- 3) powietrznym i uderzeniowym wytwarzanym przez użytkowników innych mieszkań, lokali użytkowych lub pomieszczeń o różnych wymaganiach użytkowych.

Podane w rozporządzeniu wymagania mają charakter ogólny; odwołują się do wymagań

Tabela 1
NORMY I PRZEPISY TEMATYCZNIE PRZYWOŁANE W ROZPORZĄDZENIU W SPRAWIE WARUNKÓW TECHNICZNYCH, JAKIM POWINNY ODPOWIADAĆ BUDYNKI I ICH USYTUOWANIE [2]

Lp.	Przedmiot wymagań	Nazwa i numer dokumentu
1.	Minimalna izolacyjność akustyczna przegród wewnętrznych i zewnętrznych w budynku	PN-B-02151-3:1999 [5]
2.	Dopuszczalne poziomy hałasu w pomieszczeniach	PN-87/B-02151/02 [6]
3.	Dopuszczalne poziomy drgań w budynkach	PN-88/B-2171 [7]
4.	Dopuszczalne poziomy hałasu w otoczeniu budynku	rozporządzenie Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa w sprawie dopuszczalnych poziomów hałasów w środowisku [8]

szczególonych określonych w normach polskich i innych przepisach. Odwołania do norm PN i innych przepisów dotyczą wymagań podanych w tabeli 1.

Istnieje seria norm PN-EN, które określają:

a) metody pomiarów izolacyjności akustycznej elementów budowlanych (metody laboratoryjne) i izolacyjności akustycznej w budynkach – normy z serii PN-EN ISO 140 [9],

b) metody wyznaczania jednoczłonowych wskaźników izolacyjności akustycznej elementów budowlanych oraz izolacyjności akustycznej w budynkach – normy z serii PN-EN ISO 717 [10],

c) obliczeniowe metody określenia izolacyjności akustycznej w budynkach na podstawie izolacyjności akustycznej elementów budowlanych – normy z serii PN-EN 12354 [11].

Z treści rozporządzenia [2] i dokumentów szczegółowych wynika, że polskie przepisy są zgodne z zaleceniami wynikającymi z dyrektywy [4] i *Dokumentu interpretacyjnego* [3], w szczególności w zakresie:

– sposobu sformułowania wymagania podstawowego „Ochrona przed hałasem”, który jest kombinacją ustalenia minimalnych wymagań w stosunku do akustycznych właściwości użytkowych budynku (minimalna izolacyjność akustyczna, dopuszczalny poziom hałasu – tab. 1. poz. 1. i 2.) oraz zestawienia niezbędnych do wprowadzenia rozwiązań architektoniczno-budowlanych i instalacyjnych oraz zabezpieczeń przeciwdźwiękowych i przeciwdrganiovych

– parametrów akustycznych stosowanych do oceny akustycznej oraz formułowania wymagań i wyrażania tych parametrów za pomocą jednoczłonowych wskaźników; stosowane są wskaźniki jednoczłonowe uwzględniające widmo hałasu wewnętrznego ($R_{A1} = R_w + C$) i zewnętrznego ($R_{A2} = R_w + C_r$)

– metod kontroli pomiarowej odnoszącej się do badań wyrobów budowlanych przez badania laboratoryjne wzorców oraz metod kontroli pomiarowej właściwości akustycznych budynków

– metod kontroli na podstawie obliczeń właściwości akustycznych budynków, z uwzględnieniem właściwości akustycznych wyrobów, z których budynek został wykonany.

Podane w rozporządzeniu [2] rodzaje zabezpieczeń akustycznych, których zastosowanie ma przyczynić się do uzyskania wymaganego stopnia ochrony akustycznej, dotyczą:

a) sytuowania budynków w miejscach najmniej narażonych na występowanie hałasu i drgań,

b) stosowania w otoczeniu budynku zabezpieczeń akustycznych ograniczających wpływ hałasu zewnętrznego na warunki akustyczne wewnątrz budynku oraz stosowania przegród zewnętrznych o odpowiednio dobranych parametrach akustycznych,

c) ograniczenia rozprzestrzeniania się w budynku hałasów wewnętrznych, tzw. bytowych,

przez stosowanie przegród wewnętrznych o wymaganych właściwościach akustycznych,

d) ograniczenia hałasów instalacyjnych i ich rozprzestrzeniania się w budynku oraz emisji hałasów i drgań do otoczenia przez: stosowanie urządzeń instalacyjnych o możliwie małej mocy wibroakustycznej, stosowanie zabezpieczeń przeciwdrganiovych i przeciwdźwiękowych w samych urządzeniach, przy ich posadowieniu, przy prowadzeniu przewodów instalacyjnych, a szczególnie przy połączeniu przewodów z elementami budynku,

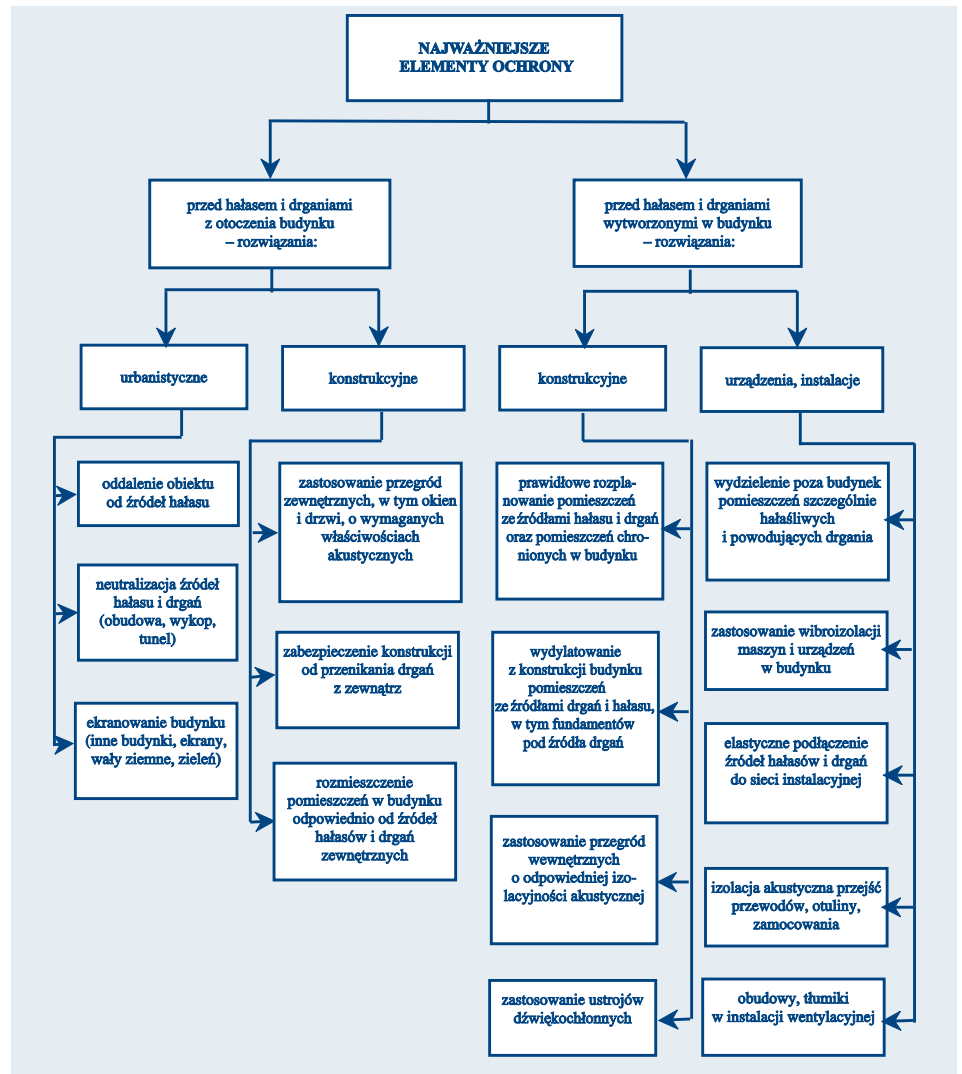
e) ograniczenia przenoszenia hałasów z pomieszczeń technicznych i usługowych do pomieszczeń chronionych.

Wymienione w rozporządzeniu rodzaje zabezpieczeń akustycznych, aczkolwiek nie określają szczegółowych rozwiązań technicznych, stanowią istotne wskazanie, na jakie zagadnienie

nia należy zwracać uwagę przy projektowaniu i wykonywaniu budynku, aby odpowiadał on wymaganiu podstawowemu „Ochrona przed hałasem” (rys. 1.).

W polskim systemie legislacyjnym brak jest natomiast przepisów odnośnie do kontroli spełnienia wymagań akustycznych przez budynki zarówno na etapie ich projektowania jak i po wykonaniu. Ten brak powoduje, że w wielu przypadkach nie są respektowane wymagania akustyczne. Dotyczy to szczególnie budownictwa mieszkaniowego.

Większą wagę przykładają się natomiast do oceny akustycznej wyrobów budowlanych. Polskie przepisy przewidują, że przy wydawaniu aprobat technicznych obowiązuje sprawdzenie tych wyrobów pod kątem możliwości spełnienia przez wykonane z nich budynki 6 wymagań podstawowych, w tym wymagania



Rys. 1. Najważniejsze elementy ochrony przed hałasem i drganiami w budownictwie [12]

„Ochrona przed hałasem”. Ten przepis jest realizowany przez włączenie badań właściwości akustycznych do badań typu danego wyrobu. Właściwości akustyczne wyrobu są określane najczęściej na podstawie pomiarów przeprowadzanych zgodnie z normami PN-EN i wyrażane za pomocą wskaźników jednoliczbowych zgodnie z zaleceniami wynikającymi z dyrektywy 89/106/EWG i *Dokumentu interpretacyjnego – Wymaganie podstawowe nr 5* oraz norm EN (które są już także normami PN-EN).

W znacznie mniejszym zakresie prowadzone są badania przy potwierdzaniu właściwości akustycznych wyrobów, które posiadają aprobaty techniczne lub normy. Jest to tendencja zgodna z zasadami wynikającymi z dokumentów UE, w których w zakresie zagadnień akustycznych stosowany jest system potwierdzania zgodności nr 3.

Zakład Akustyki ITB dąży do rozpoznać i wszechnienia dobrowolnej oceny akustycznej wyrobów budowlanych i zachęca producentów do uzyskiwania dobrowolnego znaku jakości akustycznej.

Wymagania szczegółowe w zakresie ochrony przed hałasem budynku i jego otoczenia według dokumentów polskich

Przegrody wewnętrzne

Przykłady wymaganej izolacyjności akustycznej przegród wewnętrznych podano w tabeli 2.

W normie podano także odrębne wymagania odnośnie do izolacyjności akustycznej drzwi, różnicując je w zależności od funkcji pomieszczeń i zakładanego standardu akustycznego. Podane w normie wymagania są wartościami minimalnymi. Tylko w odniesieniu do niektórych przypadków norma podaje wartości minimalne i zalecane (tab. 2. poz. „Budynki jednorodzinne szeregowe – ściana między budynkami”). Porównując przyjęty w Polsce poziom wymagań w stosunku do budownictwa mieszkaniowego z wymaganiami stosowanymi w wielu państwach UE [13], należy stwierdzić, że poziom naszych wymagań jest stosunkowo niski, aczkolwiek istnieją państwa, w których ten poziom jest jeszcze niższy. Najwyższe wymagania, wśród krajów europejskich przyjęto w Austrii.

Charakterystyczne jest, że w ostatnim dziesięcioleciu w wielu państwach UE wprowadzono klasyfikację akustyczną budynków mieszkalnych niezależnie od wymagań minimalnych. Najczęściej występują 3 – 4 kategorie o różnicowanych kryteriach (wymaganiach) w odniesieniu do właściwości akustycznych przegród międzymieszkaniowych i dopuszczalnego poziomu hałasu instalacyjnego. Wymagania dla najlepszych akustycznych kategorii dochodzą do $R_w = 63$ dB i $L_{nw} = 39$ dB, a więc są bardzo wysokie.

Wydaje się niezbędne, aby także w Polsce wprowadzono kategoryzację akustyczną budynków mieszkalnych.

Wymagana izolacyjność akustyczna przegród zewnętrznych w budynku

Wymagana izolacyjność akustyczna ścian zewnętrznych, jako parametr służący do wyrażenia stopnia ochrony pomieszczeń w budynku przed przenikaniem hałasu zewnętrznego, zależy od poziomów hałasu występujących w otoczeniu budynku oraz od przeznaczenia budynku.

Wymagania dotyczące minimalnej izolacyjności akustycznej przegród zewnętrznych odnoszą się do wartości jednoliczbowego wskaźnika oceny przybliżonej izolacyjności akustycznej właściwej R'_{A2} lub R'_{A1} (dB):

– ścian zewnętrznych z oknami (a także stropodachów i dachów z oknami nad pomieszczeniami użytkowymi – jeżeli taka sytuacja występuje w budynku)

– ścian zewnętrznych i stropodachów oraz dachów nad pomieszczeniami użytkowymi bez okien.

Wartości wymaganego wskaźnika R'_{A2} (R'_{A1}) uzależnione są od miarodajnego poziomu hałasu występującego w otoczeniu budynku. Określa się go odrębnie dla dnia (600 – 2200) i nocy (2200 – 600). Sposób określenia miarodajnego poziomu hałasu podano w normie PN-B-02151-3:1999 [5]. W odniesieniu do budynków mieszkalnych i zamieszkania zbiorowego przyjmuje się tę wartość wymagań, która jest wyższa (dla pory dziennej lub nocnej). Przykłady wymagań na

Tabela 2
WYMAGANA IZOLACYJNOŚĆ AKUSTYCZNA PRZEGRÓD WEWNĘTRZNYCH (WYBÓR NA PODSTAWIE NORMY [5])

Przeznaczenie budynku	Rodzaj przegrody wewnętrznej	Wymagania, dB	
		min R'_{A1} lub $D_{nT,A1}$	max $L'_{n,w}$
Budynki mieszkalne wielorodzinne	ściana międzymieszkaniowa	50	–
	strop międzymieszkaniowy	51	58
	ściana między mieszkaniem a pomieszczeniem technicznym	55 ÷ 57 ¹⁾	–
	strop między mieszkaniem a pomieszczeniem technicznym	55 ÷ 57 ¹⁾	48 ÷ 58 ¹⁾
	ściany działowe w obrębie mieszkania	30 ÷ 35 ²⁾	–
Budynki jednorodzinne szeregowe	stropy korytarzy i klatek schodowych		53 ³⁾
	ściana między budynkami	52 ÷ 55 ⁴⁾	–
Hotele wyższych kategorii ⁶⁾	strop – przenoszenie dźwięków uderzeniowych do „obcego” budynku	–	53
	ściana między pokojami hotelowymi	50	–
Szkoly ⁶⁾	strop między pokojami hotelowymi	50	58
	ściana między salami lekcyjnymi	45	–
Budynki biurowe ⁶⁾	strop między salami lekcyjnymi	50	63
	ściana między pokojami	35 ÷ 50 ⁵⁾	–
	strop między pokojami	45 ÷ 50 ⁵⁾	63

1) należy przyjmować w zależności od rodzaju (hałaśliwości) pomieszczenia technicznego
 2) większa wartość dotyczy ściany oddzielającej pokój od pomieszczenia sanitarnego
 3) dotyczy budynków o układzie korytarzowym; wymaganie odnosi się do rozprzestrzeniania się dźwięków z ogólnego korytarza do mieszkań w kierunku poziomym i ukośnym
 4) większe wartości – zalecane
 5) w normie wymagania są uściśnione w zależności od funkcji przylegających do siebie pomieszczeń
 6) w normie podano znacznie szerszy zakres wymagań

Tabela 3
WYMAGANA WYPADKOWA IZOLACYJNOŚĆ AKUSTYCZNA PRZEGRÓD ZEWNĘTRZNYCH Z OKNAMI (WYBÓR NA PODSTAWIE NORMY [5])

Lp.	Miarodajny poziom dźwięku A hałasu zewnętrznego, dB		Minimalne wartości wskaźnika R'_{A2} (R'_{A1}) przegród zewnętrznych z oknami w podstawowych pomieszczeniach ¹⁾ w budynkach o różnym przeznaczeniu, dB					
	dzień	noc	budynek mieszkalny	hotel	szpital	szkoła	budynek administracyjny	kawiarnia, restauracja, sklep
1.	do 45	do 35	20	20	20	20	20	20
2.	46 ÷ 50	36 ÷ 40	20	20	23	20	20	20
3.	51 ÷ 55	41 ÷ 45	23	20 ÷ 23 ²⁾	23	23	20 ÷ 23 ⁴⁾	20
4.	56 ÷ 60	46 ÷ 50	23	20 ÷ 23 ²⁾	28	23	20 ÷ 23 ⁴⁾	20
5.	61 ÷ 65	51 ÷ 55	28	23 ÷ 28 ²⁾	33	28	23 ÷ 28 ⁴⁾	20
6.	66 ÷ 70	56 ÷ 60	33	28 ÷ 33 ²⁾	38	33	28 ÷ 33 ⁴⁾	23
7.	71 ÷ 75	61 ÷ 65	38	33 ÷ 38 ²⁾	³⁾	³⁾	33 ÷ 38 ⁴⁾	28

1) jako podstawowe pomieszczenie przyjęto: pokoje w budynkach mieszkalnych, hotelowych, sale szkolne, pomieszczenia do pracy umysłowej w budynkach biurowych
2) większe wartości w hotelach wyższych kategorii
3) przy tak niekorzystnej lokalizacji wymagania ustala się indywidualnie
4) większe wartości w pomieszczeniach przeznaczonych do pracy wymagającej dużej koncentracji uwagi

podstawie normy PN-B-02151-3:1999 zestawiono w tabeli 3.

Na podstawie wymaganej wypadkowej izolacyjności akustycznej przegród z oknami można wyznaczyć minimalne wartości izolacyjności poszczególnych części ściany w pomieszczeniu (okien, części pełnych) z oknami. Wskazówki w tym zakresie, w odniesieniu do najczęściej występujących przypadków, podano w normie.

Dopuszczalne poziomy hałasu w pomieszczeniach

Zawarte w normie PN-87/B-02151/02 [6] wymagania odnośnie do dopuszczalnego poziomu dźwięku A hałasu w pomieszczeniach obejmują:

- dopuszczalny poziom dźwięku A hałasu pochodzącego od wszystkich źródeł wewnętrznych usytuowanych poza danym pomieszczeniem (w budynkach mieszkalnych – poza danym mieszkaniem)

- oraz oddzielnie – dopuszczalny poziom dźwięku A hałasu przenikającego do pomieszczeń od poszczególnych instalacji stanowiących techniczne wyposażenie budynku, nieregulowanych i niewyłączanych z danego pomieszczenia (w budynkach mieszkalnych – z danego mieszkania).

Dopuszczalny poziom dźwięku A hałasu pochodzącego od wszystkich źródeł wewnętrznych usytuowanych poza danym pomieszczeniem w praktyce jest wykorzystywany do oceny stopnia zagrożenia pomieszczeń hałasem zewnętrznym oraz do indywidualnego ustalania wymagań w stosunku do izolacyjności akustycznej ścian zewnętrznych. Należy przypuszczać, że przy nowelizacji normy

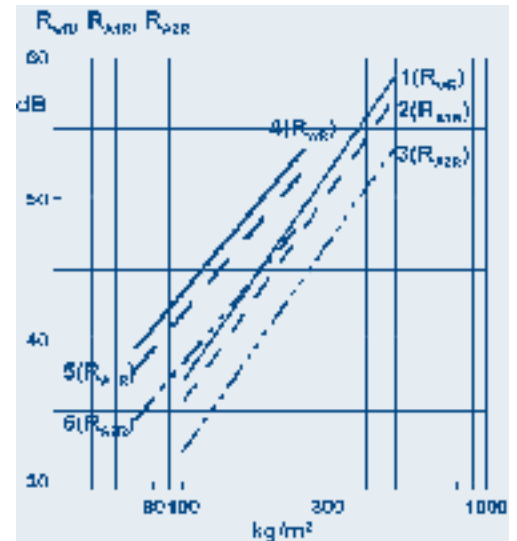
wymagania w tym zakresie zostaną inaczej sformułowane, bowiem w obecnym ujęciu występuje wiele nieporozumień interpretacyjnych.

Dopuszczalne poziomy dźwięku A hałasu instalacyjnego, w zależności od przeznaczenia budynku i pomieszczeń w budynku oraz od rodzaju hałasu (ustalony, nieustalony), wahają się w granicach $L_A = 35 \div 40$ dB w ciągu dnia i $25 \div 30$ dB w ciągu nocy (w kuchniach i pomieszczeniach sanitarnych dopuszczalne poziomy są nieco wyższe). W normie określone są warunki, przy jakich obowiązują poziomy dopuszczalne (w tym, m.in., zgodnie z *Dokumentem interpretacyjnym* określone są wzorcowe warunki pogłosowe pomieszczeń).

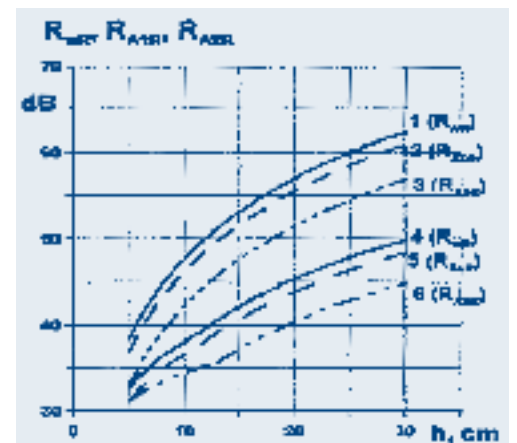
Obecnie opracowywana jest nowa norma EN dotycząca metod oceny i pomiaru hałasu instalacyjnego w budynkach mieszkalnych i użyteczności publicznej.

Dopuszczalny poziom emisji hałasu z budynku do środowiska

Dopuszczalny poziom emisji hałasu do środowiska, wywołanego urządzeniami związanymi z budynkami mieszkalnymi i użyteczności publicznej, wynika pośrednio z dopuszczalnych poziomów hałasów w terenie zurbanizowanym, określonych w rozporządzeniu ministra ochrony środowiska, zasobów naturalnych i leśnictwa w sprawie dopuszczalnych poziomów hałasów w środowisku [8]. W zależności od charakteru zabudowy poziomy dopuszczalne hałasu przemysłowego i instalacyjnego wahają się w granicach $40 \div 55$ dB w ciągu dnia i $35 \div 45$ dB w ciągu nocy. Wymaganie to nie zawsze jest wystarczające do oceny zaistniałej sytuacji.



Rys. 2. Prawo masy dla przegród ściennych wg B. Szudrowicza (Zakład Akustyki ITB). Oznaczenia: 1, 2, 3 – beton zwykły; 4, 5, 6 – beton komórkowy



Rys. 3. Izolacyjność akustyczna właściwa przegród z żelbetu i z betonu komórkowego w zależności od grubości przegrody, wg B. Szudrowicza (Zakład Akustyki ITB). Oznaczenia charakterystyki wskaźników jednoliczbowych: 1, 2, 3 – dla przegród z żelbetu ($\gamma = 2400 \text{ kg/m}^3$); 4, 5, 6 – dla przegród z betonu komórkowego ($\gamma = 600 \text{ kg/m}^3$), otynkowanych tynkiem cienkowarstwowym grubości 6 mm

Stan w zakresie projektowania oraz realizacji ochrony przed hałasem i drganiami budynków mieszkalnych, a także wybranych obiektów budownictwa ogólnego

Budynki mieszkalne wielorodzinne projektowane są zazwyczaj w technologii masywnej. Ściany międzymieszkańkowe wykonywane są najczęściej z elementów ceramicznych drażonych (ceramika zwykła i poryczona)

o grubości 25 ÷ 29 cm, z bloków drażonych silikatowych grubości 24 ÷ 25 cm. Spotyka się również rozwiązania ścian międzymieszkańowych z betonu komórkowego grubości 24 cm, monolityczne z betonu zwykłego grubości 18 ÷ 20 cm, a także różne inne rozwiązania techniczne (raczej o zasięgu regionalnym).

Najczęściej stosowanym rozwiązaniem stropów są stropy gęstożebrowe z wypełnieniami z elementów pustakowych (w tym ceramicznych) oraz stropy monolityczne żelbetowe grubości powyżej 16 cm. Istnieją również rozwiązania budynków żelbetowych prefabrykowanych o znacznie zmodyfikowanej konstrukcji w stosunku do systemów powstających w latach 80. ubiegłego wieku. Na stropach stosowane są z reguły pływające podłogi, z tym że często wykonywana jest warstwa izolacyjna z niewłaściwego materiału (np. zamiast styropianu elastycznego stosuje się zwykły styropian przeznaczony do izolacji termicznej). Ściany zewnętrzne wykonywane są z betonu komórkowego, z elementów z ceramiki poryzowanej, z bloków silikatowych. W przypadku wielu rozwiązań stosowane są dodatkowe warstwy ocieplające z zastosowaniem styropianu lub wełny mineralnej z uporządkowanym układem włókien.

Przy projektowaniu i realizacji budynków popełnianych jest wiele błędów dotyczących układu pomieszczeń (np. lokalizacja pomieszczeń sanitarnych przy pokojach sypialnych „obcego mieszkania”), a także błędów przy doborze rozwiązań materiałowo-konstrukcyjnych przegród międzymieszkańowych i ścian zewnętrznych (w tym okien), co powoduje, że wiele budynków nie spełnia akustycznych wymagań zawartych w normach. Stan ten jest tolerowany, nie ma bowiem przepisów nakazujących sprawdzanie jakości akustycznej budynków w momencie oddawania ich w użytkowanie.

W budynkach użyteczności publicznej (np. hotelach, budynkach biurowych) często stosuje się ściany wewnętrzne lekkie szkieletowe z płyt gipsowo-kartonowych. Są to rozwiązania dające możliwość uzyskania bardzo zróżnicowanych parametrów akustycznych w zależności od rodzaju szkieletu, wypełnienia oraz grubości i liczby płyt okładzinowych, wymagające jednak bardzo dokładnego wykonawstwa. W przypadku tych konstrukcji niezbędne jest przeprowadzenie badań izolacyjności akustycznej takich przegród w funkcji lat eksploatacji budynku i „starzenia się” przegród. Problemy akustyczne występują niekiedy przy stosowaniu (łącznie z tymi ścianami) podniesionych podłóg i podwieszonych sufitów. Przy niewłaściwej izolacji przestrzeni nad sufitowej i podpodłogowej następują przesłuchy akustyczne między pomieszczeniami obniżające izolacyjność akustyczną nawet o kilkanaście (lub więcej) decybeli. Projektanci często nie zdają sobie sprawy z wzajemnych powiązań między izolacyjnością akustyczną pomiesz-

czeń a rozwiązaniami podwieszonych sufitów i podniesionych podłóg oraz rozwiązaniami systemów instalacji wentylacyjnej wykorzystujących przestrzenie pod podniesioną podłogą i nad podwieszonym sufitem. W tym zakresie popełnianych jest wiele błędów projektowych i wykonawczych.

W budynkach użyteczności publicznej stosowane są powszechnie wyroby dźwiękochłonne (najczęściej podwieszane sufity) do korekacji czasu pogłosu (w takich pomieszczeniach, jak np. sale konferencyjne, pomieszczenia typu *open space*) oraz do zmniejszenia ogólnego poziomu hałasu wynikającego z użytkowania pomieszczeń (np. w ciągach komunikacyjnych, salach recepcyjnych, kawiarniach, restauracjach). Asortyment tego rodzaju wyrobów występujących na rynku jest bardzo bogaty.

Wspomaganie projektowania i realizacji ochrony przed hałasem

Badania

Przeprowadzanie badań akustycznych jest elementem wspomaganie procesu projektowania ochrony przeciwhałasowej i przeciwdrganiowej. Oprócz tworzenia podstaw naukowych do projektowania, istotnym celem tych badań jest uzyskiwanie niezbędnych dla projektantów i wykonawców informacji na temat:

- parametrów akustycznych wyrobów budowlanych i instalacyjnych oraz rozwiązań stosowanych do zabezpieczenia akustyczno-urbanistycznych (badania prowadzone zarówno w ramach procedur aprobacyjnych i certyfikacyjnych jak i badań dających podstawy do tworzenia katalogów i materiałów informacyjnych wydawanych przez poszczególnych producentów)
- właściwości akustycznych rozwiązań powtarzalnych (np. takich fragmentów budynków, jak zestawy pomieszczeń, ściany osłonowe)
- zagrożenia hałasem i drganiami budynków, terenów i określonych obszarów zurbanizowanych oraz obszarów przyrodniczych
- jakości akustycznej wznoszonych obiektów budowlanych (w zakresie izolacyjności akustycznej i poziomów występujących hałasów pochodzących od różnych źródeł)
- jakości akustycznej robót budowlanych (w odniesieniu do konkretnych rodzajów robót lub konkretnych wykonawców)
- skuteczności stosowanych zabezpieczeń przeciwhałasowych i przeciwdrganiowych
- mocy akustycznej urządzeń instalacyjnych i innych źródeł hałasu występujących w budynkach i ich otoczeniu
- danych wyjściowych do ustalania indywidualnych wymagań akustycznych (np. w zakresie izolacyjności akustycznej ścian zewnętrznych) oraz ustalania niezbędnych zabezpieczeń przeciwdźwiękowych i prze-

ciwdrganiowych istniejących obiektów lub ich części (badania diagnostyczne).

Badania akustyczne wyrobów i obiektów budowlanych są najczęściej prowadzone przez Akredytowane Laboratorium Akustyczne Zakładu Akustyki Instytutu Techniki Budowlanej. Laboratorium to posiada akredytację od stycznia 1995 roku.

W laboratorium tym przeprowadzane są zarówno pomiary laboratoryjne jak i terenowe. Laboratorium ma oddzielne zestawy komór do pomiarów izolacyjności akustycznej ścian (i elementów, np. ekranów), stropów, okien, szyb, podłóg, izolacyjności akustycznej wzdłużnej podniesionych podłóg i podwieszonych sufitów (jedno z nielicznych stanowisk badawczych w Europie), komorę do pomiarów właściwości dźwiękochłonnych materiałów, ustrojów (np. podwieszonych sufitów) oraz przedmiotów (np. foteli kinowych), komorę wyfumioną umożliwiającą pomiary mocy akustycznej małych urządzeń, stanowiska do pomiarów sztywności dynamicznej oraz oporności przepływu. Wszystkie komory i stanowiska pomiarowe odpowiadają najnowszym edycjom norm EN (EN-ISO), które są już wdrożone jako normy PN-EN i PN-EN ISO.

Zestawienia właściwości akustycznych wyrobów budowlanych i innych stosowanych do ochrony przeciwdźwiękowej i przeciwdrganiowej

1. Komputerowa Baza Danych ITB 2000

Baza ta powstała w Instytucie Techniki Budowlanej we współpracy z Katedrą Mechaniki i Wibroakustyki AGH oraz Zakładem Zagrożeń Akustycznych CIOP (obecnie CIOP-PIB). Na bazę tę składa się 8 modułów obejmujących:

- Moduł 0: *Struktura, zawartość, możliwości bazowe, inne informacje sterowane przez bazę, kierunkowanie* (ITB)
- Moduł I: *Materiały i wyroby dźwiękochłonne* (ITB)
- Moduł II: *Wyroby i ustroje przeciwdrganiowe* (AGH)
- Moduł III: *Przegrody i ich elementy* (ITB)
- Moduł IV: *Obudowy dźwiękochłonoizolacyjne* (AGH)
- Moduł V: *Kabiny dźwiękoizolacyjne* (CIOP)
- Moduł VI: *Ekran przeciwhałasowe* (ITB, AGH)
- Moduł VII: *Thumiki akustyczne* (AGH, ITB).

W bazie umieszczone są dane pomiarowe (ze wskazaniem na ośrodek, który przeprowadzał badania) na temat właściwości akustycznych poszczególnych wyrobów z odniesieniem do konkretnego producenta, uzupełnione informacjami dotyczącymi dokumentów odniesienia (aprobata, norm wyrobów, certyfikatów). Właściwości akustyczne wynikające z rodzaju wyrobu i przewidywanego zakresu jego stosowania są

podane dla całego przedziału częstotliwości rozpatrywanego w ochronie przeciwdźwiękowej oraz w postaci wskaźników jednoliczbowych (jeżeli stosowanie wskaźników jest przewidziane w normach PN-EN). W bazie tej uwzględniane są tylko te wyroby, na których umieszczenie wyraził zgodę producent.

Baza ta jest sukcesywnie uzupełniana.

2. Katalog właściwości dźwiękoizolacyjnych wyrobów budowlanych – Instrukcja ITB nr 369/2002

Instrukcja ta zakresem merytorycznym odpowiada modułowi III Bazy Danych. Zawiera jednak tylko te wyroby, które mają aprobatę techniczną ITB lub takie wyroby tradycyjne, jak np. ściany betonowe, z cegły pełnej ITB. Właściwości dźwiękoizolacyjne poszczególnych wyrobów podane są w postaci wskaźników jednoliczbowych wg norm PN-EN ISO 717-1:1999 i PN-EN ISO 717-2:1999, które są uwzględnione przy formułowaniu wymagań w stosunku do obiektów i wyrobów budowlanych w normie PN-B-02151-3:1999. Instrukcja zawiera 37 tablic zestawionych w 5 działach obejmujących różne rozwiązania materiałowo-konstrukcyjne ścian, stropów, dachów, okien, drzwi oraz bram, podłóg i innych ustrojów dźwiękoizolacyjnych.

W Instrukcji podano ponadto nową formę prawa masy dla ścian z betonu zwykłego i betonu komórkowego, uwzględniającą dotychczasowe wskaźniki ważone R_w oraz dwa nowe wskaźniki R_{A1} i R_{A2} ($R_{A1} = R_w + C$ oraz $R_{A2} = R_w + C_p$). Zależności odnoszące się do wskaźników R_w nieco różnią się od analogicznych danych zawartych w normie EN-12354-1.

Metody obliczeniowe

1. Program komputerowy „Budynek”

Program został opracowany w Zakładzie Akustyki ITB. Jest to program służący do obliczania izolacyjności akustycznej między pomieszczeniami w całym budynku i poziomu hałasu przenikającego do pomieszczeń w budynku, a następnie do syntetyzowania tych danych. W programie uwzględniono opcje wprowadzania danych geometrycznych i technicznych z dokumentacji budynku oraz opcje obliczeń wskaźników przybliżonej izolacyjności akustycznej przegród między pomieszczeniami. W programie zastosowano algorytmy obliczeniowe wg uproszczonej metody (odniesionej bezpośrednio do wskaźników) podanej w normie PN-EN 12354-1. Uwzględniono także stopień przenikania do pomieszczeń chronionych hałasu instalacyjnego (wyłącznie drogami powietrznymi) oraz hałasów zewnętrznych. Jest to więc program służący do kontroli jakości akustycznej rozwiązań projektowych budynku i do porównywania pod względem akustycznym budynków między sobą. Program jest w tej

chwili uzupełniany i jego ostateczna wersja ukaże się jeszcze w bieżącym roku.

2. Program komputerowy HPZ 2001

Program służy do obliczania zasięgu hałasu pochodzącego z zakładów przemysłowych od źródeł usytuowanych w hali przemysłowej bądź na terenie zakładu przemysłowego (wersja HPZ 1996). Pierwsza wersja programu (Hal 1987) wraz z „Wytycznymi ustalania przeciwhałasowych stref ochronnych wokół zakładów przemysłowych” została opracowana i rozpowszechniona w 1987 roku. Następnie program ten (a także instrukcja) był sukcesywnie udoskonalany zarówno pod względem informatycznym jak i merytorycznym przez dostosowanie do nowych zasad obliczeniowych. Znowelizowana Instrukcja ITB nr 338/2003 zawiera także załącznik, w którym porównano przyjęte w niej zasady obliczeniowe z zasadami podanymi w normie PN-ISO 9613-2:2002. Natomiast znowelizowany program HPZ 2001 – *Hałas przemysłowy zewnętrzny* omówiono w tej instrukcji jedynie pod względem ogólnych zasad jego funkcjonowania.

Program ten jest powszechnie stosowany w Polsce przy opracowywaniu operatów oddziaływania zakładów przemysłowych na środowisko i przy weryfikacji tych dokumentów przez Inspekcję Ochrony Środowiska. Szacuje się, że liczba użytkowników programu przekracza 160.

Podsumowanie

Ochrona przed hałasem i drganiami w budownictwie jest w Polsce realizowana na podstawie ustaw i rozporządzeń zgodnych z dyrektywami UE, aktów normalizacyjnych PN-EN ISO, instrukcji i poradników projektowania oraz katalogów właściwości akustycznych materiałów, wyrobów i elementów określonych w sposób zgodny z wymaganiami UE. W miarę postępu prac w agendach UE przepisy są na bieżąco nowelizowane, ponieważ Polska od 1995 roku uczestniczy w tych pracach przez swoich przedstawicieli.

Przedstawiciele polscy współpracują w Komitetach Technicznych ISO/TC 43 SC2 oraz CEN /TC 126, a także w wielu grupach roboczych tych Komitetów od momentu podpisania przez Polskę układu stowarzyszeniowego z UE. Pracownicy naukowcy ITB są członkami także innych organizacji międzynarodowych, np. CIB, EEA oraz uczestniczą w wielu konferencjach międzynarodowych, prezentując na nich wyniki badań uzyskiwane w Zakładzie Akustyki ITB.

Podstawową trudnością jest brak dostatecznych środków na badania naukowe nowych technologii i rozwiązań materiałowo-konstrukcyjnych wprowadzanych do polskiego budownictwa mieszkaniowego i użyteczności publicznej. Brakuje także środków na badania

jakości akustycznej obiektów budowlanych przed oddawaniem ich do użytkowania oraz na badania, których celem jest określenie zasad projektowania i realizacji ochrony przed hałasem i drganiami budynków mieszkalnych i użyteczności publicznej, realizowanych z zastosowaniem nowych, lekkich rozwiązań materiałowo-konstrukcyjnych, nie zawsze spełniających wymagania norm dotyczących jakości akustycznej.

Istotnym problemem jest wzbogacanie wiedzy projektantów i realizatorów budynków z zakresu projektowania oraz realizacji ochrony przed hałasem i drganiami.

PIŚMIENNICTWO

- [1] Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. – Prawo budowlane. Tekst jedn. DzU 2003 nr 207, poz. 1816
- [2] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie. DzU nr 75, poz. 690
- [3] Dokument interpretacyjny do dyrektywy 89/106/EWG dotyczącej wyrobów budowlanych. Wymagania podstawowe nr 5 „Ochrona przed hałasem”. Warszawa, ITB 1996. Dokumenty WE dotyczące budownictwa. Z. 6/1996
- [4] Dyrektywa Rady Wspólnoty Europejskiej w sprawie zbliżenia ustaw i aktów wykonawczych Państw Członkowskich, dotyczących wyrobów budowlanych 89/106/EWG. Warszawa, ITB 1994. Dokumenty WE dotyczące budownictwa. Z. 1/1994
- [5] PN-B-02151-3:1999 *Akustyka budowlana. Ochrona przed hałasem w budynkach. Izolacyjność akustyczna przegród w budynkach oraz izolacyjność akustyczna elementów budowlanych. Wymagania*
- [6] PN-87/B-02151/02 *Akustyka budowlana. Ochrona przed hałasem pomieszczeń w budynkach. Dopuszczalne wartości poziomu dźwięku w pomieszczeniu*
- [7] PN-88/B-02171 *Ocena wpływu drgań na ludzi w budynkach*
- [8] Rozporządzenie Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa z dnia 13 maja 1998 r. w sprawie dopuszczalnych poziomów hałasów w środowisku. DzU nr 66 poz. 436
- [9] PN-EN ISO 140 1-12:1999 (do 2002) *Akustyka. Pomiar izolacyjności akustycznej w budynkach i izolacyjności akustycznej elementów budowlanych. Pomiary laboratoryjne i terenowe*
- [10] PN-EN ISO 717-1,2:1999 *Akustyka. Ocena izolacyjności akustycznej w budynkach i izolacyjności akustycznej elementów budowlanych*
- [11] PN-EN 12354-1, 2, 3, 4. *Akustyka budowlana. Określanie właściwości akustycznych budynków na podstawie właściwości elementów* (część 1, 2, 3, 4)
- [12] Sadowski J., Szudrowicz B. *Inżynieria środowiska w kształtowaniu klimatu akustycznego środowiska i jego ochronie przed hałasem i drganiami*. W: I Kongres Inżynierii Środowiska. Referaty problemowe. Monografie Komitetu Inżynierii Środowiska PAN 2002. vol.12
- [13] Rasmussen B. *Sound insulation of dwellings – Overview of classification schemes in Europe*. Euronoise 2003