

BADANIA I STUDIA – RESEARCH AND STUDIES

Barbara Szudrowicz*

ANALIZA PARAMETRÓW OCENY IZOLACYJNOŚCI AKUSTYCZNEJ PRZEGRÓD WEWNĘTRZNYCH

W najbliższych latach przewidziana jest nowelizacja PN-B-02151-3:1999, w wyniku której będą uzupełnione niektóre szczegółowe wymagania. Treść tej normy zostanie dostosowana do norm PN-EN z zakresu akustyki budowlanej, które ukazały się po 2000 r. oraz prawdopodobnie będzie wprowadzona kategoryzacja akustyczna budynków (wzorem szeregu państw europejskich). Przy okazji tych zmian odżył problem rodzaju parametrów oceny izolacyjności akustycznej w budynku wykorzystywanych przy formułowaniu wymagań normowych. Temu problemowi poświęcony jest artykuł, przy czym zagadnienie zostało ograniczone do parametrów oceny izolacyjności akustycznej przegród wewnętrznych oraz izolacyjności akustycznej między pomieszczeniami. Dokonano analizy relacji między izolacyjnością akustyczną przegród wewnętrznych w budynku określoną wielkościami R' i L'_n , a izolacyjnością akustyczną między pomieszczeniami w budynku, którą wyrażają wielkości D_{nT} i L_{nT} . Analizę tę oparto zarówno na rozważaniach teoretycznych, jak i na wynikach badań w budynkach. Zestawiono zalety i wady obu sposobów oceny izolacyjności akustycznej w budynku w kontekście formułowania wymagań normowych, podając konsekwencje pozostawienia lub zmiany dotychczasowych zasad przyjętych w normie z 1999 r.

1. Wprowadzenie

Przy projektowaniu pod względem akustycznym budynków mieszkalnych i użyteczności publicznej wymagania w stosunku do parametrów akustycznych obiektu przyjmuje się według dwóch podstawowych norm: PN-87/B-02151/02, podającej dopuszczalne poziomy dźwięków zakłócających, przenikających do pomieszczeń podlegających ochronie akustycznej, oraz PN-B-02151-3:1999, określającej minimalną izolacyjność akustyczną w budynkach oraz w pomieszczeniach w budynku w stosunku do otoczenia.

Prace przygotowawcze do nowelizacji PN-87/B-02151/02 zostały już rozpoczęte. Uwzględniają one istotne zmiany w sposobie oceny hałasu instalacyjnego w pomieszczeniach chronionych, wprowadzone przez ustanowione w 2006 r. normy EN.

W ustanowionej w 1999 r. PN-B-02151-3:1999 przyjęto przy formułowaniu wymagań sposoby oceny izolacyjności akustycznej w stosunku do hałasu wewnętrznego i zewnętrznego wynikające z dyrektywy 126/89/EEC [19] oraz związanego z tą dyrektywą doku-

* dr hab. inż – Zakład Akustyki ITB

mentu Interpretacyjnego „Wymaganie podstawowe nr 5: Ochrona przed hałasem” i norm EN. Jednak w dokumentach tych podanych jest wiele możliwości i rodzajów wskaźników oceny, przy czym wybór konkretnego sposobu formułowania wymagań pozostawiono przepisom krajowym. W ostatnich dwóch latach odżyła dyskusja na temat doboru wskaźników służących do formułowania wymagań w stosunku do izolacyjności akustycznej przegród w budynku. Dyskusja ta dotyczy dwóch zagadnień:

a) wyboru przedmiotu wymagań, przy czym występują tu dwie możliwości:

- stawianie wymagań w stosunku do izolacyjności akustycznej przegród rozdzielających pomieszczenia (przy uwzględnieniu parametrów akustycznych, jakie uzyskują te przegrody w budynku, w którym – w odróżnieniu do warunków laboratoryjnych – występuje dodatkowe przenoszenie dźwięku materiałowymi drogami bocznymi,

- stawianie wymagań w stosunku do izolacyjności akustycznej między pomieszczeniami, która jest zależna nie tylko od parametrów akustycznych samej przegrody rozdzielającej pomieszczenia (z uwzględnieniem warunków bocznego przenoszenia dźwięku), ale także od powierzchni przegrody i od objętości pomieszczenia.

b) dostosowanie rodzaju wskaźników do widma występujących w budynku rodzajów hałasu.

Doświadczenia już prawie sześcioletniego okresu stosowania PN-B-02151-3:1999 wykazały zarówno zalety, jak i mankamenty przyjętego w tej normie sposobu formułowania wymagań. Warto więc przy okazji nowelizacji normy związanej z koniecznością uzupełnienia zakresu niektórych wymagań odnieść się do zagadnień bardziej ogólnych – doboru wskaźników do formułowania wymagań akustycznych.

W artykule poruszono te zagadnienia w odniesieniu do izolacyjności akustycznej przegród wewnętrznych w budynku, uwzględniając zarówno izolacyjność od dźwięków powietrznych, jak i uderzeniowych.

2. Uwzględnione w normach europejskich parametry oceny izolacyjności akustycznej przegród wewnętrznych w budynkach

Przepisy europejskie (dyrektywa 106/89/EEC wraz z dokumentem interpretacyjnym „Wymaganie podstawowe nr 5: Ochrona przed hałasem”) [19] oraz związane z tą dyrektywą normy europejskie podają szereg wielkości, które mogą być stosowane do określenia izolacyjności akustycznej przegród wewnętrznych w budynku lub izolacyjności akustycznej między pomieszczeniami (normy EN 140-4-4, EN-140-7 [15, 16]) oraz wymieniają różne rodzaje wskaźników, przy wykorzystaniu których można parametry akustyczne przegród wyznaczone w całym istotnym w budownictwie pasmie częstotliwości przedstawić za pomocą jednej liczby (EN ISO 717-1 i EN ISO 717-2 [17, 18]). Poszczególne państwa dobierają z tych zestawów rozwiązania uznane przez nie za najbardziej przydatne [1–14]. Stąd też duża różnorodność w tym zakresie występująca zarówno przy podawaniu wyników badań przeprowadzonych w budynkach, jak i przy ustalaniu wymagań w normach i przepisach poszczególnych państw europejskich, co między innymi utrudnia porównanie poziomu tych wymagań. Wielkości te zestawiono w tablicy 1.

Tablica 1. Określone normami EN wielkości stosowane do wyznaczania izolacyjności akustycznej przegród wewnętrznych w budynku (w pasmach 1/3 lub 1-oktawowych)

Table 1. Quantities defined in EN standards, used for determination of sound insulation of internal partitions in building (in the range of 1/3 or 1 octave)

Lp.	Nazwa	Symbol, jednostka	Wzór	Nr wzoru
I. Izolacyjność od dźwięków powietrznych				
I.1	Przybliżona izolacyjność akustyczna właściwa	R'	$R' = L_1 - L_2 + 10 \lg S/A$	(1)
I.2	Wzorcowa różnica poziomu ciśnienia akustycznego	D_{nT}	$D_{nT} = L_1 - L_2 + 10 \lg T/T_0$	(2)
I.3	Znormalizowana różnica poziomu ciśnienia akustycznego	D_n	$D_n = L_1 - L_2 + 10 \lg A_0/A$	(3)
II. Izolacyjność od dźwięków uderzeniowych				
II.1	Przybliżony znormalizowany poziom uderzeniowy	L'_n	$L'_n = L_i - 10 \lg A_0/A$	(4)
II.2	Wzorcowy poziom uderzeniowy	L_{nT}	$L_{nT} = L_i - 10 \lg T/T_0$	(5)
Oznaczenia do wzorów od (1) do (5): L_1 – poziom ciśnienia akustycznego w pomieszczeniu nadawczym, dB, L_2 – poziom ciśnienia akustycznego w pomieszczeniu odbiorczym, dB, S – powierzchnia przegrody rozdzielającej pomieszczenia (wspólna część w obu przylegających do przegrody pomieszczeniach), m ² , T – czas pogłosu pomieszczenia odbiorczego, s, T_0 – czas pogłosu odniesienia, $T_0 = 0,5$ s, A – chłonność akustyczna pomieszczenia odbiorczego, $A \approx 0,161 V/T$ (V – objętość pomieszczenia, m ³), m ² , A_0 – chłonność akustyczna odniesienia, $A_0 = 10$ m ² , L_i – poziom uderzeniowy w pomieszczeniu odbiorczym przy pracy na stropie (lub innej poziomej konstrukcji) znormalizowanego stukacza, dB				

Relacje między tymi wielkościami są następujące:

a) izolacyjność od dźwięków powietrznych

$$D_{nT} = R' + 10 \lg V/S - 5 \text{ dB} \quad (6)$$

$$D_n = R' + 10 \lg A_0/S \quad (7)$$

b) izolacyjność od dźwięków uderzeniowych (poziom uderzeniowy)

$$L_{nT} = L'_n - 10 \lg V + 15 \text{ dB} \quad (8)$$

W praktyce stosuje się wskaźniki jednolicebowe, których zestaw uwzględniony w normach EN przedstawiono w tablicy 2.

Tablica 2. Wskaźniki jednoliczbowe stosowane do określania izolacyjności od dźwięków powietrznych i uderzeniowych przegród wewnętrznych w budynku obliczane według EN ISO 717-1 i 717-2
 Table 2. Single number indices for determination of sound insulation of internal partitions in building, calculated according to EN ISO 717-1 and 717-2

Lp.	Nazwa	Symbol, jednostka
I. Izolacyjność od dźwięków powietrznych		
I.1	Wskaźniki ważone wielkości podanych w tabl. 1 w poz. od I.1 do I.3 wyznaczone na podstawie charakterystyk z funkcji częstotliwości w przedziale 100–3150 Hz (jeżeli dana wielkość jest określona w pasmach 1/3-oktawowych) lub w przedziale 125–2500 Hz (jeżeli dana wielkość jest określona w pasmach 1/1-oktawowych)	$R'_w, D_{nT,w}, D_{n,w}, \text{dB}$
I.2	Widmowe wskaźniki adaptacyjne dostosowane do widma płaskiego w funkcji częstotliwości (np. hałasy bytowe) wyznaczone w zakresie częstotliwości: 100–3150 Hz 100–5000 Hz 50–3150 Hz 50–5000 Hz	C $C_{100-5000}$ $C_{50-3150}$ $C_{50-5000}$
I.3	Widmowe wskaźniki adaptacyjne dostosowane do widma z przewagą niskich częstotliwości (np. hałas pochodzący od komunikacji drogowej w mieście) wyznaczone w zakresie częstotliwości: 100–3150 Hz 100–5000 Hz 50–3150 Hz 50–5000 Hz	C_{tr} $C_{tr100-5000}$ $C_{tr50-3150}$ $C_{tr50-5000}$
I.4	Suma wskaźnika ważonego wielkości podanych w tabl. 2 w poz. I.1 i dowolnego wskaźnika adaptacyjnego wg poz. I.2	$R'_w + C, R'_w + C_{100-5000} \dots \text{itd.}$ $D_{nT,w} + C, D_{nT,w} + C_{100-5000} \dots \text{itd.}$ $D_{n,w} + C, D_{n,w} + C_{100-5000} \dots \text{itd.}$
I.5	Suma wskaźnika ważonego wielkości podanych w tabl. 2 w poz. I.1 i dowolnego wskaźnika adaptacyjnego wg poz. I.3	$R'_w + C_{tr}, R'_w + C_{tr100-5000} \dots \text{itd.}$ $D_{nT,w} + C_{tr}, D_{nT,w} + C_{tr100-5000} \dots \text{itd.}$ $D_{n,w} + C_{tr}, D_{n,w} + C_{tr100-5000} \dots \text{itd.}$
II. Izolacyjność od dźwięków uderzeniowych (poziom uderzeniowy)		
II.1	Wskaźniki ważone wielkości podanych w tabl. 1 w poz. II.1 i II.2 wyznaczone na podstawie charakterystyk z funkcji częstotliwości w przedziale 100–3150 Hz (jeżeli dana wielkość jest określona w pasmach 1/3-oktawowych) lub w przedziale 125–2500 Hz (jeżeli dana wielkość jest określona w pasmach 1/1-oktawowych)	$L'_{n,w}$ oraz $L_{nT,w}$
II.2	Widmowy wskaźnik adaptacyjny wyznaczany w zakresie częstotliwości: 100–2500 Hz 50–2500 Hz	$C_{l,100-2500}$ $C_{l,50-2500}$
II.3	Suma wskaźnika ważonego wielkości podanych w tabl. 2 w poz. II.1 i dowolnego wskaźnika adaptacyjnego wg poz. II.2	$L'_{n,w} + C_{l,100-2500}, L'_{n,w} + C_{l,50-2500}$ $L_{nT,w} + C_{l,100-2500}, L_{nT,w} + C_{l,50-2500}$

Z tablicy 2 wynika, że liczba wskaźników, za pomocą których można określać izolacyjność akustyczną przegród wewnętrznych w budynku oraz formułować wymagania, jest bardzo duża i wynosi:

- odnośnie do izolacyjności od dźwięków powietrznych – 24 wariantów,
- odnośnie do izolacyjności od dźwięków uderzeniowych – 6 wariantów.

W praktyce najczęściej są stosowane:

a) do oceny izolacyjności od dźwięków powietrznych

- wskaźnik ważony przybliżonej izolacyjności akustycznej właściwej R'_w ,
- wskaźnik ważony wzorcowej różnicy poziomu ciśnienia akustycznego $D_{nT,w}$,
- suma jednego z ww. wskaźników ważonych i wskaźnika widmowego C (ocena w stosunku do hałasów bytowych), przy czym wskaźniki C przyjmowane są dla różnych zakresów częstotliwości: 100–3150 Hz, 50–2500 Hz oraz 50–5000 Hz.

Rzadkie są przypadki stosowania wskaźnika ważonego znormalizowanej różnicy poziomu ciśnienia akustycznego $D_{n,w}$, a także uwzględnianie w ocenie przegród wewnętrznych wskaźnika adaptacyjnego C_{tr} dostosowanego do widma hałasów niskoczęstotliwościowych.

W PN-B-02151 przyjmowany jest wskaźnik $R'_{A1} = R'_w + C$ lub w przypadkach określonych w normie wskaźnik $D_{nTA1} = D_{nT,w} + C$, przy czym w przypadku występowania hałasów wewnętrznych niskoczęstotliwościowych (np. hałasu pochodzącego ze stacji transformatorowych) norma zaleca stosowanie wskaźnika $R'_{A2} = R'_w + C_{tr}$ lub $D_{nTA2} = D_{nT,w} + C_{tr}$.

b) do oceny izolacyjności od dźwięków uderzeniowych – wszystkie wskaźniki wymienione w tablicy 2 w poz. II.1 i II.3, z tym że w przypadku stosowania wskaźnika adaptacyjnego C_l przyjmuje się zakres częstotliwości 50–2500 Hz, a wskaźnik ten uwzględnia się tylko wtedy, jeżeli przyjmuje on wartości dodatnie.

W PN-B-02151 jest przyjmowany wskaźnik ważony znormalizowanego poziomu uderzeniowego $L'_{n,w}$ (nie uwzględnia się wskaźnika widmowego).

Na podstawie dokonanego przeglądu norm ([1–14]) nie można stwierdzić, aby była preferowana którakolwiek z wielkości określających izolacyjność akustyczną w budynku (R' czy D_{nT} , L'_n czy L'_{nT}).

3. Izolacyjność od dźwięków powietrznych – analiza sposobu formułowania wymagań na tle zasad przyjętych w PN-B-02151-3:1999

3.1. Dane ogólne

W obowiązującej w Polsce normie PN-B-02151-3:1999 wymagania w stosunku do izolacyjności od dźwięków powietrznych przegród wewnętrznych w budynku są określone w różny sposób, zależnie od wielkości powierzchni przegrody rozdzielającej pomieszczenia oraz od wzajemnego usytuowania przylegających do siebie pomieszczeń rozdzielonych daną przegrodą. I tak:

a) w przypadku gdy pomieszczenia przylegające do danej przegrody nie są przesunięte w stosunku do siebie (ściany boczne obu pomieszczeń znajdują się w jednej linii),

a powierzchnia przegrody spełnia warunek $S \geq 10 \text{ m}^2$ – wymagania dotyczą przybliżonej izolacyjności akustycznej R' przegrody rozdzielającej te pomieszczenia; przybliżona izolacyjność akustyczna R' przegrody odnosi się do właściwości akustycznych, jakimi charakteryzuje się przegroda w konkretnej sytuacji, a więc przy uwzględnieniu zarówno bocznego, jak i ewentualnie pośredniego przenoszenia dźwięku;

b) w przypadku gdy pomieszczenia przylegające do danej przegrody są przesunięte w stosunku do siebie lub jeżeli powierzchnia przegrody wynosi $S < 10 \text{ m}^2$ wymaganie dotyczy wzorcowej różnicy poziomów ciśnienia akustycznego D_{nT} , która jest niczym innym, jak izolacyjnością akustyczną między pomieszczeniami sprowadzoną do wzorcowego czasu pogłosu $T_0 = 0,5 \text{ s}$, który w przybliżeniu (z dokładnością $\pm 0,1 \text{ s}$) odpowiada rzeczywistemu czasowi pogłosuumeblowanych pomieszczeń mieszkalnych (pokoi o objętości $V = 20\text{--}70 \text{ m}^3$ [22]).

Ta dwoistość sposobu formułowania wymagań występowała także w poprzedniej edycji normy PN-B-02151-3 z 1987 r. Należy stwierdzić, że rozróżnienie to (prawidłowe ze względu na fizykę przenoszenia dźwięku między pomieszczeniami w obu przypadkach) jest często pomijane przez projektantów, natomiast musi być uwzględniane przy przeprowadzaniu kontrolnych pomiarów izolacyjności akustycznej w budynkach.

Norma PN-EN 140-4:1999, określająca metody pomiaru izolacyjności od dźwięków powietrznych przegród wewnętrznych w budynku, uwzględnia możliwość pomiaru obu wielkości, określając jedynie, że w przypadku pomiaru D_{nT} należy przyjmować kierunek transmisji dźwięku z pomieszczenia większego do mniejszego. W przypadku pomiaru R' , jeżeli w pomieszczeniach przyległych występują pola akustyczne, które można uznać jako rozproszone, wówczas – zgodnie z zapisem w normie – kierunek transmisji dźwięku nie ma znaczenia i wynik pomiaru przy transmisji dźwięku w obu kierunkach jest taki sam.

Analizując wielkości, za pomocą których są formułowane wymagania normowe w stosunku do izolacyjności akustycznej przegród wewnętrznych w budynkach, można ograniczyć się do analizy relacji między wskaźnikami jednoliczbowymi parametrów R' i D_{nT} jako najczęściej przyjmowanymi w normach państw europejskich.

3.2. Relacje między wielkościami D_{nT} i R'

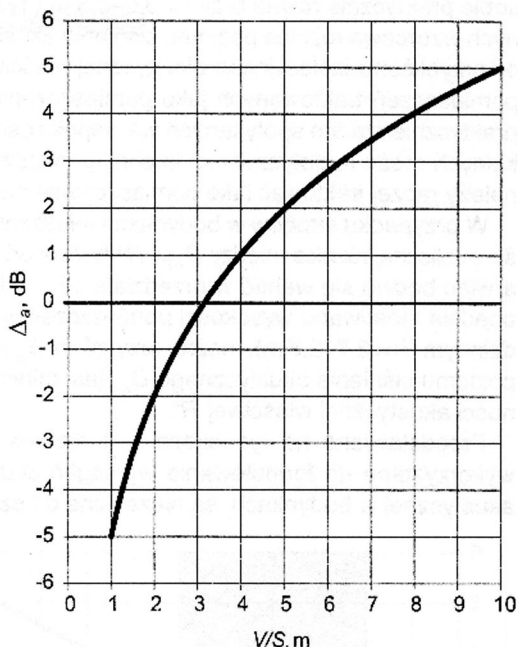
Związek między D_{nT} i R' jest wyrażony przez zależność (6). Wynika z niej, że izolacyjność akustyczna między pomieszczeniami określona wzorcową różnicą poziomu ciśnienia akustycznego jest zależna nie tylko od izolacyjności akustycznej samej przegrody, ale i od ilorazu objętości pomieszczenia odbiorczego i powierzchni przegrody rozdzielającej te pomieszczenia. Oznacza to, że przy zastosowaniu przegrody działowej o takiej samej konstrukcji i przy takich samych warunkach bocznego przenoszenia dźwięku uzyskuje się różną izolacyjność akustyczną między pomieszczeniami w zależności od wartości V i S . Oznacza to także, że jeżeli do danej przegrody przylegają pomieszczenia o różnej objętości, to izolacyjność akustyczna między nimi przy transmisji dźwięku w dwóch różnych kierunkach (przy zamianie pomieszczenia nadawczego na odbiorcze) będzie różna. Tak więc ze względu na subiektywny odbiór izolacyjności akustycznej lepszym parametrem jest niewątpliwie wzorcowa różnica poziomu ciśnienia akustycznego.

Graficzny obraz zależności (6) przedstawiono na rysunku 1, przyjmując, że

$$D_{nT} = R' + \Delta_a \quad (9)$$

$$\text{gdzie } \Delta_a = 10 \lg V/S - 5 \text{ dB} \quad (10)$$

Rys. 1. Zależność ogólna między D_{nT} i R' bez względu na wzajemne usytuowanie pomieszczeń rozdzielonych daną przegrodą ($D_{nT} = R' + \Delta_a$, gdzie $\Delta_a = 10 \lg V/S - 5 \text{ dB}$). Oznaczenia: V – objętość pomieszczenia odbiorczego, m^3 , S – powierzchnia przegrody (wspólna część w pomieszczeniu nadawczym i odbiorczym), m^2
 Fig. 1. General relationship between D_{nT} i R' , regardless of mutual position of compartments separated by given partition ($D_{nT} = R' + \Delta_a$, where $\Delta_a = 10 \lg V/S - 5 \text{ dB}$). Designations: V – volume of receiving room, S – area of partition (common part in sending and receiving room)



Z rysunku 1 wynika, że przy małych wartościach stosunku V/S ($V/S < 3$) izolacyjność akustyczna między pomieszczeniami wyrażona wzorcową różnicą poziomu ciśnienia akustycznego jest mniejsza od wartości przybliżonej izolacyjności akustycznej właściwej przegrody rozdzielającej te pomieszczenia. W pozostałych przypadkach związki między tymi wielkościami akustycznymi są odwrotne.

Aby ocenić różnice między tymi wielkościami – w nawiązaniu do najczęściej spotykanych przypadków występujących w budownictwie ogólnym – można w odniesieniu do pomieszczeń nie przesuniętych względem siebie – wzór (10) – przedstawić w postaci

$$\Delta_a = 10 \lg l - 5 \text{ dB} \quad (11)$$

$$\Delta_a = 10 \lg H - 5 \text{ dB} \quad (12)$$

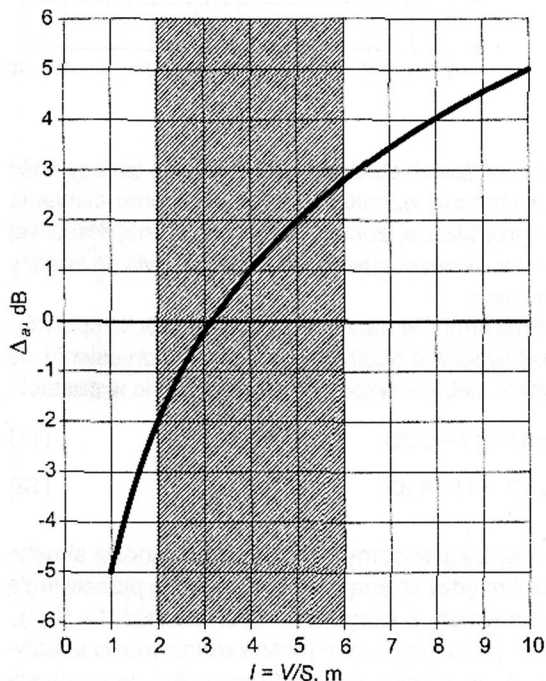
gdzie:

- w przypadku transmisji dźwięku w kierunku poziomym (ocena izolacyjności akustycznej ściany) symbol l oznacza odległość między ścianą działową a ścianą przeciwległą do niej (w przypadku pomieszczeń prostokątnych, w których zachodzi równość $V = S \cdot l$),
- w przypadku transmisji dźwięku w kierunku pionowym (ocena izolacyjności akustycznej stropów) H oznacza wysokość pomieszczenia (nie ma tu warunku, że pomieszczenie musi mieć kształt prostokątny).

W przypadku ścian wewnętrznych w budynkach mieszkalnych różnica między D_{nT} i R' będzie odpowiadała wartości Δ_a przy $l = 2-6$ m, (a więc będzie się wahać w przedziale od -2 dB do 3 dB). Przy większej odległości między przeciwległymi ścianami wewnętrznymi wartość D_{nT} będzie większa od R' o więcej niż 3 dB. Oba parametry są sobie praktycznie równe przy $l = 3,0-3,5$ m (rys. 2). W odniesieniu do ścian wewnętrznych wzorcowa różnica poziomu ciśnienia akustycznego D_{nT} jest mniejsza o około 1 dB od przybliżonej izolacyjności akustycznej właściwej R' tylko w przypadku bardzo wąskich pomieszczeń traktowanych jako pomieszczenie odbiorcze (pokoi o takich wymiarach praktycznie rzadko spotykanych we współczesnym budownictwie; w budynkach mieszkalnych może to dotyczyć np. kuchni, pomieszczeń sanitarnych, ale pomieszczenia te należy raczej traktować jako pomieszczenia nadawcze, a nie odbiorcze).

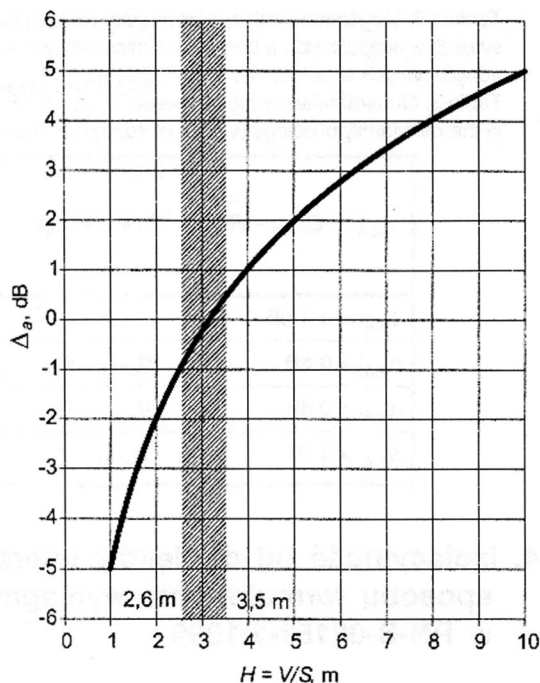
W przypadku stropów w budynkach mieszkalnych i większości budynków użyteczności publicznej różnica między D_{nT} i R' będzie odpowiadała wartości Δ_a przy $h = 2,6-3,5$ m, a więc będzie się wahać w przedziale od -1 dB do $0,5$ dB (rys. 3). Uwzględniając obecnie stosowane wysokości pomieszczeń w budownictwie mieszkaniowym wielorodzinnym ($h = 2,7-2,8$ m), można przyjąć, że $\Delta_a =$ około $0,5$ dB, czyli że wzorcowa różnica poziomu ciśnienia akustycznego D_{nT} jest minimalnie mniejsza od przybliżonej izolacyjności akustycznej właściwej R' .

Przedstawione na rysunkach 1-3 różnice między wielkościami, które mogą być wykorzystane do formułowania wymagań akustycznych w stosunku do izolacyjności akustycznej w budynkach, są niezależne od częstotliwości.



Rys. 2. Zależność między D_{nT} i R' odnosząca się do ścian działowych w przypadku pomieszczeń nie przesuniętych ($D_{nT} = R' + \Delta_a$, gdzie $\Delta_a = 10 \lg l - 5$ dB). Oznaczenie: l – odległość między daną ścianą działową a ścianą przeciwległą w pomieszczeniu odbiorczym
 Fig. 2. Relationship between D_{nT} and R' related to internal partitions, in case of not staggered rooms ($D_{nT} = R' + \Delta_a$, where $\Delta_a = 10 \lg l - 5$ dB). Designation: l – distance between wall, given internal partition and opposite wall in receiving room

Rys. 3. Zależność między D_{nT} i R' odnosząca się do stropów w przypadku pomieszczeń nie przesuniętych ($D_{nT} = R' + \Delta_a$, gdzie $\Delta_a = 10 \lg H - 5$ dB). Oznaczenie: H – wysokość pomieszczenia
 Fig. 3. Relationship between D_{nT} and R' related to floors, in case of not staggered rooms ($D_{nT} = R' + \Delta_a$, where $\Delta_a = 10 \lg H - 5$ dB). Designation: H – height of compartment



3.3. Relacje między wskaźnikami jednoliczbowymi wielkości D_{nT} i R'

Sposób obliczania wskaźników jednoliczbowych parametrów D_{nT} i R' powoduje, że różnice między nimi mogą w niektórych przypadkach odbiegać od wartości podanych na rysunkach 1–3 (o ± 1 dB). W celu sprawdzenia, jak kształtują się w praktyce różnice między wskaźnikami jednoliczbowymi stosowanymi w PN (tj R_{A1} i D_{nTA1}) wykorzystano wyniki badań przeprowadzonych w budynkach mieszkalnych przez Zakład Akustyki w latach 2004–2005 w ramach tematu NA-47 (wyniki badań izolacyjności akustycznej 92 ścian międzymieszkańowych i 32 stropów). Każdy z wyników badań przeliczono na oba wskaźniki niezależnie od zasad podanych w PN-B-02151-3:1999. Uogólnioną syntezę wyników tych przeliczeń przedstawiono w tabelicy 3, określając, w ilu procentach (w badanej grupie) różnica między wartościami wskaźników D_{nTA1} i R_{A1} (w odniesieniu do tego samego badanego przypadku) jest mniejsza, równa lub większa od zera.

Pokazane w tabelicy 3 praktycznie występujące w budynkach mieszkalnych wielorodzinnych relacje między wskaźnikami R_{A1} i D_{nTA1} muszą być uwzględnione przy podejmowaniu decyzji odnośnie do zakresu nowelizacji PN-B-02151-3:1999. Każdy z tych wskaźników reprezentuje bowiem odmienną filozofię formułowania wymagań, a ponadto relacje między tymi wskaźnikami nie są stałe, co będzie stwarzać istotne trudności przy ustalaniu poziomu wymagań w innych niż dotychczas wskaźnikach, tak aby były one najbardziej zbliżone do poziomu obecnego lub różniły się od niego o zamierzoną wartość.

Tablica 3. Uogólnione zależności między wskaźnikami D_{nTA1} i R'_{A1} odnoszące się do sytuacji występujących w budynkach mieszkalnych wielorodzinnych (wartości wskaźników adaptacyjnych w przedziale 100–3150 Hz)

Table 3. General relationships between D_{nTA1} and R'_{A1} related to the cases taking place in the multifamily buildings (values of adaptation indices in the range of 100–3150 Hz)

$\Delta_{a,A1} = D_{nTA1} - R'_{A1}$	Interpretacja	Udział danej grupy wyników w ogólnej liczbie badanych przypadków	
		ściany, %	stropy, %
$\Delta_{a,A1} = \pm 1$ dB	–	63	96,9
$\Delta_{a,A1} < 0$ dB	$D_{nTA1} < R'_{A1}$	15,2	56,3
$\Delta_{a,A1} = 0$ dB	$D_{nTA1} = R'_{A1}$	38	34,4
$\Delta_{a,A1} > 0$ dB	$D_{nTA1} > R'_{A1}$	46,8	9,3

4. Izolacyjność od dźwięków uderzeniowych – analiza sposobu formułowania wymagań na tle zasad przyjętych w PN-B-02151-3:1999

4.1. Dane ogólne

W obowiązującej w Polsce normie PN-B-02151-3:1999 wymagania w stosunku do izolacyjności od dźwięków uderzeniowych stropów są odnoszone do znormalizowanego poziomu uderzeniowego przybliżonego L'_{nT} , który jest wielkością rzeczywistego poziomu uderzeniowego w pomieszczeniu odbiorczym sprowadzonego do normowej chłonności akustycznej pomieszczenia równej $A_0 = 10$ m².

W normie określającej metody pomiaru izolacyjności od dźwięków uderzeniowych w budynkach (PN-EN ISO 140-7:1999) występuje także wielkość określona przez wzorcowy poziom uderzeniowy L'_{nT} , który jest rzeczywistym poziomem uderzeniowym w pomieszczeniu odbiorczym sprowadzonym do wzorcowego czasu pogłosu $T_0 = 0,5$ s. Ponieważ czas pogłosu pokoiumeblowanych w budynkach mieszkalnych (nawet przy zróżnicowanej objętości pomieszczeń) jest zbliżony do wartości czasu pogłosu odniesienia, to chłonność akustyczna tych pomieszczeń będzie się różniła od chłonności odniesienia $A_0 = 10$ m². Tak więc ze względu na subiektywny odbiór izolacyjności od dźwięków uderzeniowych lepszym parametrem niż poziom znormalizowany jest niewątpliwie wzorcowy poziom uderzeniowy.

4.2. Relacje między wielkościami L'_{nT} i L'_n

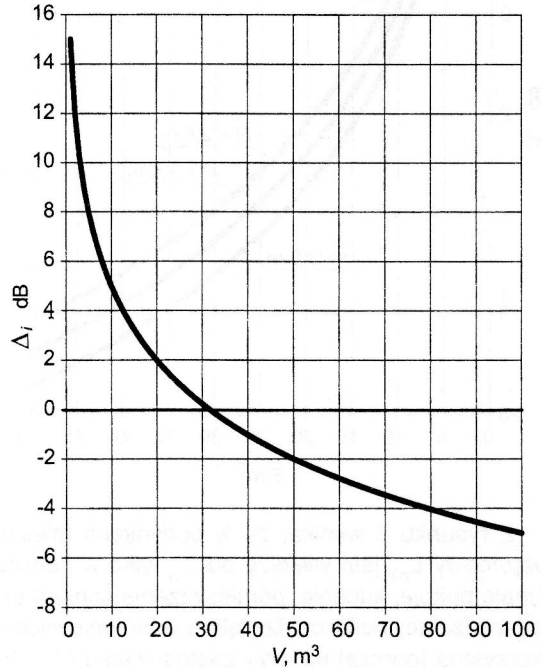
Związek między wielkościami L'_{nT} i L'_n podaje wzór (8). Wskazuje on, że izolacyjność od dźwięków uderzeniowych określona wzorcowym poziomem uderzeniowym jest zależna nie tylko od właściwości akustycznych samego stropu, ale i od objętości pomiesz-

czenia odbiorczego. Oznacza to, że przy zastosowaniu stropu o takiej samej konstrukcji i przy takich samych warunkach bocznego przenoszenia dźwięku uzyskuje się różną izolacyjność od dźwięków uderzeniowych między pomieszczeniami w zależności od wartości V .

Graficzny obraz zależności (8) przedstawiono na rysunku 4, przyjmując, że

$$L_{nT} = L'_n + \Delta_i \quad (13)$$

$$\text{gdzie } \Delta_i = 15 - 10 \lg V \quad (14)$$



Rys. 4. Zależność ogólna między L_{nT} i L'_n bez względu na wzajemne usytuowanie pomieszczeń rozdzielonych danym stropem ($L_{nT} = L'_n + \Delta_i$, gdzie $\Delta_i = 15 - 10 \lg V$).

Oznaczenie: V – objętość pomieszczenia odbiorczego

Fig.4. General relationship between L_{nT} and L'_n regardless of mutual position of compartments separated by the given floor ($L_{nT} = L'_n + \Delta_i$, where $\Delta_i = 15 - 10 \lg V$). Designation: V – volume of receiving room

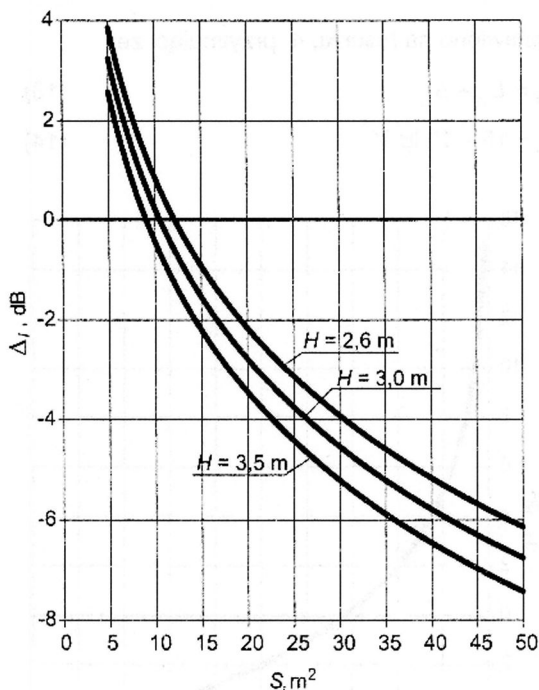
Z rysunku 4 wynika, że przy małej objętości pomieszczenia odbiorczego $V < 30 \text{ m}^3$ wzorcowy poziom uderzeniowy L_{nT} jest większy niż poziom znormalizowany przybliżony L'_n . Przy większych objętościach pomieszczenia odbiorczego występuje zależność odwrotna.

Aby ocenić różnice między tymi wielkościami, w nawiązaniu do najczęściej spotykanych przypadków występujących w budownictwie ogólnym, można w odniesieniu do pomieszczeń wzajemnie nie przesuniętych przedstawić wzór (13) w postaci

$$\Delta_i = 15 - 10 \lg S - 10 \lg H \quad (15)$$

gdzie S – powierzchnia pomieszczenia (stropu), m^2 ,
 H – wysokość pomieszczenia, m.

W przypadku stropów w budynkach mieszkalnych i w większości budynków użyteczności publicznej różnica między L_{nT} i L'_n będzie odpowiadała wartości Δ_i przy $H = 2,6\text{--}3,5$ m. Zależność tę w formie graficznej przedstawiono na rysunku 5.



Rys. 5. Zależność między L_{nT} i L'_n w przypadku pomieszczeń wzajemnie nie przesuniętych ($L_{nT} = L'_n + \Delta_i$, gdzie $\Delta_i = 15 - 10 \lg S - 10 \lg H$). Oznaczenia: H – wysokość pomieszczenia, S – powierzchnia stropu rozdzielającego pomieszczenia
 Fig. 5. Relationship between L_{nT} and L'_n in case of mutually not staggered rooms ($L_{nT} = L'_n + \Delta_i$, where $\Delta_i = 15 - 10 \lg S - 10 \lg H$). Designations: H – height of compartment, S – area of floor separating the compartments

Z rysunku 5 wynika, że w budynkach mieszkalnych przy $H = 2,6\text{--}3,0$ m poziom wzorcowy L_{nT} jest większy od L'_n tylko w pomieszczeniach o powierzchni $S < 10$ m² (małe pokoje, kuchnie, pomieszczenia sanitarne). W odniesieniu do tych pomieszczeń ocena izolacyjności od dźwięków uderzeniowych wyrażona za pomocą L_{nT} będzie mniej korzystna (gorsza) niż przy zastosowaniu L'_n . W większości przypadków dotyczących pomieszczeń większych ocena izolacyjności od dźwięków uderzeniowych będzie bardziej korzystna.

Przedstawione na rysunkach 4 i 5 różnice między wielkościami, które mogą być wykorzystane do formułowania wymagań w stosunku do izolacyjności od dźwięków uderzeniowych w budynkach, są niezależne od częstotliwości.

4.3. Wskaźniki jednoliczbowe poziomu uderzeniowego w budynku

Norma PN-B-02151-3:1999 formułuje wymagania w stosunku do izolacyjności od dźwięków uderzeniowych stropów w budynku za pomocą wskaźnika ważonego znormalizowanego poziomu uderzeniowego $L_{n,w}$ obliczanego według PN-EN ISO 717-2:1999. Analogicznie można wyznaczyć wskaźnik ważony wzorcowego poziomu uderzeniowego $L_{nT,w}$.

W Polsce nie uwzględnia się w wymaganiach akustycznych widmowego wskaźnika adaptacyjnego C_i . Stosowanie tego wskaźnika w normach niektórych państw europejskich jest ograniczone tylko do przypadków, w których $C_i > 0$ dB.

4.4. Relacje między wskaźnikami jednoliczbowymi $L_{nT,w}$ i $L'_{n,w}$

Sposób obliczania wskaźników jednoliczbowych $L_{nT,w}$ i $L'_{n,w}$ powoduje, że różnice między nimi mogą w niektórych przypadkach odbiegać od wartości podanych na rysunkach 4 i 5 (0 ± 1 dB). W celu sprawdzenia, jak kształtują się w praktyce różnice między tymi wskaźnikami, przeprowadzono analogiczną do opisanej w p. 3 analizę wyników badań terenowych 34 stropów. Syntezę tej analizy przedstawiono w tablicy 4. W analizie uwzględniono także wpływ widmowego wskaźnika adaptacyjnego C_i , porównując $(L_{nT,w} + C_i)$ i $(L'_{n,w} + C_i)$, ale ponieważ różnice między tymi wartościami były zbliżone do różnic między $L_{nT,w}$ i $L'_{n,w}$, w tablicy 4 je pominięto.

Tablica 4. Uogólnione zależności między wskaźnikami poziomu uderzeniowego przybliżonego L'_n i wzorcowego poziomu uderzeniowego L'_{nT} odnoszące się do sytuacji występujących w budynkach mieszkalnych wielorodzinnych

Table 4. General relationships between indices of apparent impact level L'_n and impact level L'_{nT} related to the cases taking place in the multifamily buildings

Lp.	$\Delta_{l,w} = L_{nT,w} - L'_{n,w}$	Interpretacja	Udział danej grupy wyników w ogólnej liczbie badanych przypadków (31)
			$\Delta_{l,w}$, %
1	$\Delta_{l,w} = \pm 1$ dB	–	53,0
2	$\Delta_{l,w} < 0$ dB	$L_{nT,w} < L'_{n,w}$	61,7
3	$\Delta_{l,w} = 0$ dB	$L_{nT,w} = L'_{n,w}$	23,6
4	$\Delta_{l,w} > 0$ dB	$L_{nT,w} > L'_{n,w}$	14,7

Z tablicy 4 wynika, że ocena izolacyjności od dźwięków uderzeniowych wyrażona za pomocą wskaźnika wzorcowego poziomu uderzeniowego $L_{nT,w}$ jest bardziej korzystna niż przy zastosowaniu dotychczasowego wskaźnika poziomu uderzeniowego przybliżonego $L'_{n,w}$. Pozycja 2 w tablicy 4 (pogrubiona) obejmuje przypadki, w których wartość poziomu uderzeniowego określonego wskaźnikiem $L_{nT,w}$ jest mniejsza niż w przypadku zastosowania wskaźnika $L'_{n,w}$. Można przyjąć, że dotyczy to pomieszczeń o powierzchni $S > \text{około } 10 \text{ m}^2$, a więc praktycznie wszystkich pokoi. Oznacza to, że aby utrzymać dotychczasowy poziom wymagań dla większości przypadków występujących w budownictwie mieszkaniowym, wartości liczbowe wskaźników $L_{nT,w}$ określające dopuszczalny poziom dźwięków uderzeniowych musiałyby być mniejsze o około 2–3 dB od dotychczasowych wartości wskaźników $L'_{n,w}$ przyjętych w PN-B-02151-3:1999.

Zupełnie odrębną sprawą jest ewentualne uwzględnienie wskaźnika widmowego C_i i formułowanie wymagań w postaci $(L'_{n,w} + C_i)$ lub w postaci $(L_{nT,w} + C_i)$. W badanych

przypadkach stropów masywnych z pływającymi podłogami wartość widmowego wskaźnika adaptacyjnego C_i wahała się znacznie, w granicach od -10 dB do 4 dB. Wartości $C_i =$ od -10 dB do -7 dB dotyczyły przypadków, gdy nawierzchnia podłogowa była wykonana z płytek ceramicznych. W pozostałych przypadkach (ok. 60% w badanej grupie stropów) wartość C_i zawierała się w granicach od -3 dB do 0 dB; liczba przypadków, w których $C_i > 0$ dB, wyniosła zaledwie około 17%.

Jeżeliby więc wprowadzić w normie formułowanie wymagań w stosunku do izolacyjności od dźwięków uderzeniowych przy wykorzystaniu dodatkowego wskaźnika adaptacyjnego C_i , to aby utrzymać w przybliżeniu niezmienny poziom wymagań, wartości liczbowe sumy ($L'_{n,w} + C_i$) należałoby zmniejszyć o dalsze 3 dB (niezależnie od omówionych wcześniej różnic związanych z zamianą wskaźników $L'_{n,w}$ na $L_{nT,w}$). Dane te wskazują na słuszność występującego w wielu normach ograniczenia zastosowania wskaźników C_i tylko do przypadków, gdy przybierają one wartości dodatnie.

5. Zalety i wady przyjętego w PN-B-02151-3:1999 sposobu formułowania wymagań w stosunku do właściwości akustycznych przegród wewnętrznych w budynku

Przyjęty w PN-B-02151-3:1999 sposób formułowania wymagań odnośnie do parametrów akustycznych przegród wewnętrznych w budynku jest oparty na zasadzie stawiania wymagań w stosunku do właściwości akustycznych przegród rozdzielających pomieszczenia (właściwości wynikających zarówno z cech akustycznych samej przegrody, jak i z wpływu występującego w budynku bocznego przenoszenia dźwięku). Zasada ta jest urzeczywistniona przez określenie minimalnych wartości wskaźników R_{A1} i maksymalnych wartości wskaźników $L'_{n,w}$ przegród wewnętrznych w budynkach. Zasada ta nie jest stosowana w czystej postaci, bowiem przy niektórych wzajemnych układach pomieszczeń wymagania odnoszą się do izolacyjności akustycznej między pomieszczeniami. Jeśli chodzi o dźwięki uderzeniowe, norma podaje ograniczenia dotyczące rozprzestrzeniania się dźwięków we wszystkich możliwych kierunkach, a więc nie można w tym przypadku mówić o właściwościach akustycznych konkretnej przegrody.

Różnica między opisanymi w p. 3 i 4 wielkościami służącymi do formułowania wymagań polega jedynie na przyjęciu parametru akustycznego określającego warunki odniesienia, którym może być albo chłonność akustyczna, albo czas pogłosu. Parametry te są wzajemnie powiązane ze sobą zależnością

$$A = 0,161 V/T \quad (14)$$

przy czym jako wartości referencyjne przyjmuje się $A_0 = 10 \text{ m}^2$ i $T_0 = 0,5 \text{ s}$. Przeprowadzone badania w budynkach mieszkalnych wskazują, że bardziej stabilnym parametrem, zbliżonym do wartości referencyjnej, jest czas pogłosu.

Na tle przeprowadzonej analizy możliwych do zastosowania różnych wskaźników służących do formułowania wymagań normowych w stosunku do izolacyjności akustycznej w budynku ujawniają się zalety i mankamenty zasady przyjętej w PN-B-02151-3:1999, tj. stawiania wymagań w stosunku do izolacyjności akustycznej przegród: od dźwięków

powietrznych za pomocą R' i od dźwięków uderzeniowych za pomocą L'_n (wyrażonych w odpowiednich wskaźnikach jednoliczbowych). Zestawiono je w tabelicy 5. To, co jest wadą przy formułowaniu wymagań w postaci R' i L'_n , staje się zaletą przy formułowaniu wymagań za pomocą D_{nT} i L_{nT} .

Oceniając na podstawie tabelicy 5 zalety i wady omówionych dwóch rodzajów zestawu wskaźników do formułowania wymagań normowych, które powinny być rozważone przy nowelizacji PN-B-02151-3:1999, należy uwzględnić zarówno wagę poszczególnych zalet i wad, jak i środowisko, do którego się odnoszą (projektanci, użytkownicy budynków, zespoły prowadzące pomiary kontrolne w budynkach). Istotną sprawą, zwłaszcza w przypadku wciąż niedostatecznej znajomości zagadnień akustycznych wśród projektantów i inwestorów zagadnień akustyki budowlanej, jest unikanie zmian w sposobie formułowania wymagań akustycznych, o ile nie będzie to miało istotnego wpływu na jakość akustyczną projektowanych budynków.

Tablica 5. Zastosowanie różnych wielkości do oceny izolacyjności akustycznej w budynkach – ich zalety i wady przy wykorzystaniu do formułowania wymagań normowych

Table 5. Application of various quantities for assessment of sound insulation in buildings – advantages and disadvantages in formulation of standard requirements

Parametr akustyczny (odniesienie)	Zalety i wady stosowania danego parametru do formułowania wymagań normowych
R' oraz L'_n R' – nie stosuje się odniesienia, ale uwzględnia się chłonność akustyczną pomieszczenia odbiorczego – wzór (1) L'_n – wielkością odniesienia jest chłonność akustyczna pomieszczenia odbiorczego $A_0 = 10 \text{ m}^2$ – wzór (2)	zalety
	przy rozwiązaniach projektowych możliwość pominięcia wielkości pomieszczeń rozdzielonych daną przegrodą, co oznacza uproszczenie procesu projektowania
	stosunkowo prosty dobór rodzaju przegród spełniających wymagania normowe (konieczność uwzględnienia tylko bocznego przenoszenia dźwięku)
	wady
	brak ścisłego powiązania między parametrem akustycznym przegrody a rzeczywistym poziomem przenikającym z pomieszczenia nadawczego do odbiorczego, a tym samym brak ścisłej korelacji między wymaganą izolacyjnością akustyczną przegrody rozdzielającej pomieszczenia a faktyczną (odczuwaną przez użytkowników) izolacyjnością akustyczną między pomieszczeniami
	ze względu na podobieństwo symboli określających parametry akustyczne przegrody określone w warunkach laboratoryjnych i wymagane w budynku (symbole różnią się tylko „primem”) duża łatwość popełnienia błędów w doborze rozwiązań (bardzo często jako kryterium oceny danego rozwiązania przyjmują projektanci parametry akustyczne tego rozwiązania uzyskane w warunkach laboratoryjnych)
przy obecnych układach funkcjonalnych (pomieszczenia otwarte) występują bardzo duże trudności podczas badań kontrolnych w związku z trudnościami określenia objętości pomieszczenia odbiorczego, której znajomość jest niezbędna do ustalenia wartości R' i L'_n	

Parametr akustyczny (odniesienie)	Zalety i wady stosowania danego parametru do formułowania wymagań normowych
D_{nT} oraz L_{nT} Poziom odniesienia dla obu wielkości – czas pogłosu $T_0 = 0,5$ s	zalety
	wielkości D_{nT} oraz L_{nT} są bardziej skorelowane z subiektywną oceną izolacyjności akustycznej między pomieszczeniami niż wielkości R' oraz L'_n
	ze względu na różne symbole nie występuje niebezpieczeństwo przyjmowania parametrów akustycznych przegród określonych w warunkach laboratoryjnych jako parametrów akustycznych przegród w budynku
	w przypadkach uzasadnionych względami technicznymi lub ekonomicznymi możliwość różnicowania konstrukcji przegród działowych przy zachowaniu takiej samej izolacyjności akustycznej między pomieszczeniami o różnych objętościach
	łatwość przeprowadzania badań kontrolnych i oceny wyników tych badań w świetle wymagań normowych; dotyczy to szczególnie przypadków, kiedy nie można określić objętości pomieszczenia odbiorczego (odnosi się to do układów funkcjonalnych z otwartymi pomieszczeniami – przypadki bardzo często występujące w aktualnie wznoszonych budynkach mieszkalnych)
	wady
	bardziej skomplikowany proces projektowania ze względu na konieczność uwzględnienia objętości pomieszczeń przyległych do danej przegrody (lub obszarów chronionych przed przenikaniem dźwięków uderzeniowych)
	brak możliwości dokładnego przeliczenia wymagań z dotychczasowych wskaźników R'_{A1} oraz $L'_{n,w}$ na ewentualne nowe wskaźniki, co w niektórych przypadkach (gdyby zastosowano te nowe wskaźniki) mogłoby skutkować pewnymi różnicami w poziomie wymagań w znowelizowanej normie w stosunku do normy z 1999 r.

6. Podsumowanie

W szeregu publikacji dotyczących zasad oceny izolacyjności akustycznej w budynkach [20, 21] przeważa pogląd, że wymagania akustyczne powinny być stawiane w stosunku do izolacyjności akustycznej między pomieszczeniami (D_{nT} i L'_{nT}) ze względu na lepszą korelację tych wielkości z odczuciami subiektywnymi. Trzeba jednak przyznać, że w normach wielu państw europejskich, które zostały ustanowione w ostatnich latach, stawiane są wymagania w stosunku do parametrów akustycznych wewnętrznych przegród budowlanych wyrażonych za pomocą wielkości R' i L'_n (np. w normach państw skandynawskich). Należy założyć, że w ramach przepisów europejskich pozostanie w dalszym ciągu dowolność doboru rodzaju wskaźników do oceny izolacyjności akustycznej w budynkach, jednak ze wskazaniem preferowanej opcji. W tej chwili trudno przesądzić, która z tych opcji będzie wybrana.

Odnosząc się w tym względzie do PN-B-02151-3:1999, trzeba brać pod uwagę uwarunkowania związane zarówno z poziomem wymagań oraz możliwościami technicznymi i ekonomicznymi realizacji tych wymagań w praktyce, jak i z możliwościami wdrożenia ewentualnych nowych wymagań w procesie projektowania budynku. Obecne wymagania wyrażone za pomocą wielkości R' i L'_n prowadzą w bardzo wielu przypadkach do uzyskania faktycznie większych wartości izolacyjności akustycznej między pomieszczeniami, wyrażonej za pomocą wielkości D_{nT} i L'_{nT} . Dostosowanie wymagań do tych przypadków oznaczałoby, że szereg rozwiązań, które obecnie uzyskują pozytywną ocenę akustyczną, byłyby w świetle nowych wymagań ocenione negatywnie. Jest to szczególnie groźne w odniesieniu do wyrobów stosowanych do wykonywania ścian międzymieszkaniowych, ponieważ gama tych wyrobów jest bardzo skromna. Podejście odwrotne – dostosowanie wymagań do najmniejszych uzyskiwanych obecnie wartości D_{nT} i L'_{nT} – oznaczałoby wyraźne obniżenie ogólnego poziomu wymagań w stosunku do izolacyjności akustycznej w budynkach. Wydaje się zatem, że pomimo zasadności teoretycznej przejścia na nowe wielkości D_{nT} i L'_{nT} (i dogodności prowadzenia pomiarów kontrolnych w budynku) właściwie będzie pozostawienie dotychczasowej formy przedstawiania wymagań za pomocą R' i L'_n , przy zachowaniu wielkości D_{nT} dla przypadków szczególnych. Ostateczną decyzję w tej sprawie podejmie Komitet Techniczny PKN nr 253 „Akustyka architektoniczna”.

Drugi problem dotyczący formułowania wymagań akustycznych odnosi się do rodzaju stosowanych wskaźników jednoliczbowych izolacyjności akustycznej. I w tym zakresie występują znaczne rozbieżności. Polskie doświadczenia stosowania widmowych wskaźników adaptacyjnych izolacyjności od dźwięków powietrznych są zdecydowanie pozytywne. Dostosowane do tych wskaźników są opublikowane przez ITB materiały do projektowania. Problemem wymagającym rozstrzygnięcia jest jednak rozszerzenie pasma widmowych wskaźników adaptacyjnych C i C_{tr} w kierunku niskich częstotliwości – do 50 Hz, co występuje w kilku normach zagranicznych ustanowionych w ostatnich latach i jest zalecane przez niektórych badaczy. Argumentem przemawiającym za niewprowadzaniem tego rozszerzenia przy najbliższej nowelizacji PN-B-02151-3:1999 jest zarówno zdezaktualizowanie się w takim przypadku istniejących materiałów do projektowania, jak i bardzo mała dokładność pomiarów akustycznych w budynkach w zakresie niskich częstotliwości (zwłaszcza w małych pomieszczeniach charakterystycznych dla wielu budynków mieszkalnych).

W Polsce nie stosowano do tej pory widmowego wskaźnika odnoszącego się do izolacyjności od dźwięków uderzeniowych. Przedstawione wcześniej analizy oraz doświadczenia normalizacyjne szeregu państw europejskich wskazują, że wprowadzenie tego wskaźnika jest celowe, ale że jego stosowanie powinno być ograniczone tylko do przypadków, gdy $C_1 > 0$ dB.

Bibliografia

Spis norm i innych dokumentów prawnych

- [1] Anglia: The Building Regulations 2000 (Amendments 2004, 1 Juli 2004) E2 Protection against sound within a dwelling-house

- [2] Austria: ÖNORM B 8115-2:2002. Schallschutz und Raumakustik im Hochbau Teil 2: Anforderungen an den Schallschutz
- [3] Belgia: NBN S 01-400, 1997. Acoustique criteres l'isolation acoustique
- [4] Dania: DS 490, 200. Lydklassifikation af boliger (Sond classification of dwellings)
- [5] Finlandia: SFS 5907:2004. Rakennusten akustinen luokitus (Acoustic classification of space in buildings)
- [6] Francja: Arrêté du 30 juin 1999 relatif aux caractéristiques des bâtiments d'habitation (J.O. du 17 juillet 1999)
- [7] Holandia: NEN 1070 (1999). Geluidwering in gebouwen – Specificatie en beoordeling van de kwaliteit
- [8] Islandia: IST 45:2005 Hljóðvist – Flokkun íbúðarhúsnæðis (Sond classification of dwellings)
- [9] Litwa: STR 2.01.07 (2003) Dėl Statybos Techninio Reglamento Str 2.01.07:2003, Pastatu Vidaus Ir Isores Aplinkos Apsauga Nuo Triuksmo (Lithuanian building regulation. Protection against noise in building)
- [10] Niemcy: DIN 4109 (1989) Schallschutz im Hochbau. Anforderungen und Nachweise
- [11] Niemcy: VDI 4100:1994 Schallschutz von Wohnungen – Kriterium für Planung und Beurteilung oraz E-DIN 4109-10 Schallschutz im Hochbau. Teil 10: Vorschläge für einen erhöhten Schallschutz von Wohnungen
- [12] Norwegia: NS 8175:2005 Lydforhold i bygninger. Lydklasser for ulike bygningstyper (Acoustic condition in buildings. Sound quality classification of various types of buildings)
- [13] Polska: PN-B-02151-3:1999 Akustyka budowlana. Ochrona przed hałasem w budynkach. Izolacyjność akustyczna przegród w budynkach oraz izolacyjność akustyczna elementów budowlanych. Wymagania
- [14] Szwecja: SS 25267:2004, Byggakustik – Ljudklassning av utrymmer i byggnader – Bostäder (Acoustics-Sound classificatio of spaces in buildings-Dwellings)
- [15] PN-EN ISO 140-4:2000 Akustyka. Pomiar izolacyjności akustycznej w budynkach i izolacyjności akustycznej elementów budowlanych. Część 4: Pomiar terenowe izolacyjności akustycznej od dźwięków powietrznych między pomieszczeniami
- [16] PN-EN ISO 140-7:2000 Akustyka. Pomiar izolacyjności akustycznej w budynkach i izolacyjności akustycznej elementów budowlanych. Część 4: Pomiar terenowe izolacyjności od dźwięków powietrznych stropów
- [17] PN-EN ISO 717-1:1999 Akustyka. Ocena izolacyjności akustycznej w budynkach i izolacyjność elementów budowlanych. Izolacyjność od dźwięków powietrznych
- [18] PN-EN ISO 717-1:1999 Akustyka. Ocena izolacyjności akustycznej w budynkach i izolacyjność elementów budowlanych. Izolacyjność od dźwięków uderzeniowych
- [19] Dyrektywa Rady Wspólnot Europejskich w sprawie zbliżenia ustaw i aktów wykonawczych państw członkowskich dotyczących wyrobów budowlanych (89/106/EEC). Instytut Techniki Budowlanej, seria: Dokumenty Unii Europejskiej, Warszawa 1994

Publikacje

- [20] Rasmussen B.: Sound insulation of dwellings – Overview of classification schemes in Europe. Euronis 2003
- [21] Rasmussen B.: Concepts for evaluation of sound insulation of dwellings – from chaos to consensus. *Forum Acousticum* 2005, s. 2081–2092
- [22] Nowicka E., Szudrowicz B.: Wpływ czasu pogłosu na ocenę izolacyjności akustycznej przegród międzymieszkaniowych. Materiały Konferencji Naukowej Krynica 2005, t. 4, s. 235–243

- [23] Szudrowicz B.: Ocena izolacyjności akustycznej w budynkach na podstawie badań. Praca badawcza ITB NA-47. Sprawozdanie końcowe 2005, maszynopis, biblioteka ITB

ANALYSIS OF SOUND INSULATION INDICATORS USED FOR THE ASSESSMENT OF ACOUSTIC PERFORMANCE OF INTERNAL PARTITIONS

Summary

In the nearest years the revision of PN-B-02151-3:1999 is envisaged. The supplement of detailed requirements will be introduced. New European standards, which were published after 2000 in the scope of building acoustics, will be taken into consideration. Probably, like in several European countries, the acoustic classification scheme for buildings will be introduced. On the occasion of these changes, the problem of type of indicators used for the assessment of sound insulation of partitions in building arised. The paper deals with this problem, with the limitation to the assessment of sound insulation of internal partitions and sound insulation between rooms in a building. The analysis of relationship between internal partitions sound insulation in the building defined by quantities R' and L'_{nT} and sound insulation between compartments defined by quantities D_{nT} and L'_{nT} was carried out. This analysis was based on theoretical consideration, as well as on test results obtained in buildings. Advantages and disadvantages of these two methods for assessment were put together in the context of standard requirements formulation, showing the consequences of leaving or changing the principles admitted so far in the standard of 1999.

Praca wpłynęła do Redakcji 15 IX 2006