

Anna Iżewska\*

## PROJEKTOWANIE AKUSTYCZNE BUDYNKÓW MIESZKALNYCH

Oceniając klimat akustyczny budynku w fazie jego projektowania należy uwzględnić potencjalną możliwość występowania hałasu sąsiedzkiego (powietrznego i uderzeniowego), hałasu instalacyjnego związanego z technicznym wyposażeniem budynku oraz zewnętrznego hałasu komunikacyjnego. Parametrami oceny hałasu sąsiedzkiego są wskaźniki  $R'_w$  i  $L'_{n,w}$ , zaś hałasu instalacyjnego i zewnętrznego – poziom dźwięku  $L_{Aeq}$  i  $L_{Amax}$ . Do ich wyznaczania zastosowano nowe metody obliczeniowe. Syntetyczny wskaźnik jakości akustycznej projektu budynku, zdefiniowany na podstawie wyników pomiarów i badań ankietowych, służy do określenia, w jakim stopniu konstrukcja budynku zapewnia odpowiedni klimat akustyczny, tzn. w ilu mieszkaniach zostały spełnione wymagania normy PN-87/B-02151 [1].

### 1. WSTĘP

Warunki akustyczne panujące w budynkach mieszkalnych stanowią jeden z elementów jakości, który powinien podlegać ocenie i kontroli, zarówno w fazie projektowania, jak i wykonawstwa. Dokonując kompleksowej oceny klimatu akustycznego mieszkań, należy brać pod uwagę właściwości akustyczne elementów konstrukcyjnych budynku, jego rozkład funkcjonalny oraz charakterystyki źródeł hałasu. Wszystkie te czynniki mają wpływ na występowanie różnego typu hałasu sąsiedzkiego (bytowego) – powietrznego i uderzeniowego, instalacyjnego – związanego z technicznym wyposażeniem budynku oraz hałasu zewnętrznego. Powyższa klasyfikacja związana jest z odmiennością stosowanych kryteriów oceny, zawartych w obecnej i znowelizowanej wersji normy PN-87/B-02151 [1] oraz z różną odczuwalnością uciążliwości hałasu w zależności od jego rodzaju i miejsca występowania [2], [3], [4], [5], [6]. Ze względu na złożoność problemu (ocenia się każde pomieszczenie, w stosunku do którego stawiane są wymagania normowe, oraz każdy typ hałasu) proponuje się wprowadzenie syntetycznego wskaźnika oceny projektu, uwzględniającego wagi występowania poszczególnych typów hałasu w zależności od ich zasięgu i stopnia uciążliwości. Wskaźnik ten, dotyczący całego budynku, może być traktowany jako odpowiednik przybliżonego wskaźnika izolacyjności akustycznej przegrody, określającego jakość jednego z elementów konstrukcji budynku.

---

\*dr – adiunkt w ITB

## 2. Kryteria oceny jakości akustycznej pomieszczeń w świetle wymagań normowych

Jako kryterium oceny jakości akustycznej pomieszczeń przyjmuje się wymagania normy PN-87/B-02151 *Akustyka budowlana. Ochrona przed hałasem pomieszczeń w budynkach* [1]. Określone są w niej minimalne właściwości izolacyjne przegród budowlanych i ich elementów w postaci ważonych wskaźników  $R'_w$  i  $L'_{n,w}$  oraz dopuszczalne wartości poziomów dźwięku  $A$  hałasu w poszczególnych pomieszczeniach ( $L_{Aeq}$  i  $L_{Amax}$ ), uzależnione od ich przeznaczenia użytkowego i typu występującego hałasu.

Obecnie w normach światowych i europejskich uwzględnia się dodatkowo dwa czynniki mające wpływ na izolacyjność akustyczną przegród [8], [9]:

- 1) kształt widma hałasu wyrażony w postaci widmowego wskaźnika adaptacyjnego  $C$  (w przypadku widma płaskiego) lub  $C_{tr}$  (w przypadku widma hałasu komunikacyjnego),
- 2) przenoszenie energii akustycznej drogami bocznymi, przez przegrody przyległe, wyrażony w postaci składnika  $C_f$ .

Wprowadzenie tych parametrów do kompleksowej oceny izolacyjności akustycznej przegród w budynku powoduje nieco inne niż dotychczas sformułowanie wymagań normowych. Dotychczas wpływ przenoszenia bocznego był uwzględniany w sposób przybliżony, tzn. zakładano, że wynosi on średnio  $C_f = -2$  dB. Znowelizowana wersja normy PN-87/B-02151 przewiduje, że  $R'_w = R_w + C_f$ , gdzie  $C_f$  jest wartością przenoszenia bocznego przez przegrody sąsiednie w konkretnym pomieszczeniu. Metoda obliczeń składnika  $C_f$ , zalecana przy ocenie akustycznej projektu budynku, powinna być zgodna z normą EN 12354 [8]. Do czasu wprowadzenia odpowiedniej normy polskiej przewiduje się korzystanie z wartości przybliżonych, podanych w postaci tablic.

Uwzględnienie kształtu widma hałasu w ocenie izolacyjności akustycznej przegród jest istotne przy wyznaczaniu poziomu dźwięku  $A$  w pomieszczeniach chronionych. Można bowiem przyjąć, że wynosi on:

$$L_{A1} = L_{A2} - (R_w + C_f + C_x) + 10 \log \left( \frac{S}{A} \right) \quad (1)$$

gdzie:  $L_{A1}$  – poziom dźwięku  $A$  hałasu (zob. artykuł J.Sadowskiego, s.51) w pomieszczeniu chronionym, dB,

$L_{A2}$  – poziom dźwięku  $A$  w pomieszczeniu sąsiednim (ze źródłem hałasu), dB,

$R_w$  – wskaźnik ważony izolacyjności akustycznej właściwej przegrody, dB,

$C_f$  – przenoszenie boczne, dB,

$C_x$  – widmowy wskaźnik adaptacyjny (zależny od kształtu widma), dB.

## 3. Metody oceny rodzajów hałasu występującego w budynku

### 3.1. Ocena hałasu sąsiedzkiego

Stopień narażenia pomieszczeń na występowanie hałasów sąsiedzkich oceniany jest pośrednio, na podstawie właściwości akustycznych przegród wewnętrznych. Zgodnie z normą [1] właściwości akustyczne wyrażone są za pomocą wskaźników ważonych

izolacyjności akustycznej właściwej  $R'_w$  oraz znormalizowanego poziomu uderzeniowego  $L'_{n,w}$ . Zasadę oceny jakości akustycznej przegród wewnętrznych przedstawiono w tablicy 1.

Tablica 1. Klasyfikacja parametrów akustycznych przegród wewnętrznych pod kątem spełnienia wymagań normy PN-87/B-02151, służąca do oceny hałasu sąsiedzkiego

$R'_w$ , dB					$L'_{n,w}$ , dB
ściany wewnętrznej			stropu		stropu
międzymieszka- niowa lub mieszkanie/ko- rytarz	pokój/ /pomieszczenie sanitarne	pokój/pokój lub pokój/ /przedpokój	między pomieszczeniami sanitarnymi lub kuchniami	między pokojami lub przedpokojami	
≥ 52	≥ 42	≥ 37	≥ 49	≥ 53	≤ 58

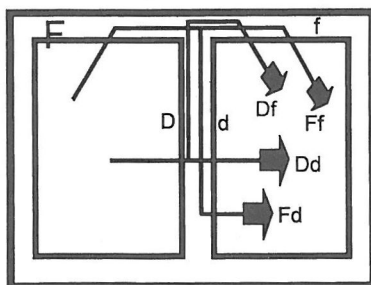
### 3.1.1. Wyznaczanie ważonego wskaźnika izolacyjności akustycznej właściwej $R'_w$ (według [8])

Ważony wskaźnik izolacyjności akustycznej właściwej przegrody w warunkach występowania przenoszenia bocznego wyrażono za pomocą wzoru:

$$R'_w = -10 \log \left[ 10^{-0,1 R_{w,Dd}} + \sum_{ij} \sum_k \left( 10^{-0,1 R_{w,ij,k}} \right) \right] \quad (2)$$

- gdzie:  $R'_w$  – ważony wskaźnik izolacyjności akustycznej właściwej rozpatrywanej przegrody, określony w warunkach laboratoryjnych (bez przenoszenia bocznego), dB,  
 $R_{w,ij,k}$  – ważony wskaźnik izolacyjności akustycznej drogi bocznej  $ij$  przy  $k$ -tej krawędzi przegrody, dB,  
 $k$  – liczba przegród przyległych do ocenianej przegrody.

Oznaczenia dróg bocznych  $ij$  ( $ij = Dd, Ff, Fd$  i  $Df$ ) przedstawiono na rysunku 1.



Rys. 1. Drogi transmisji dźwięku między dwoma pomieszczeniami

Izolacyjności dróg bocznych  $ij$  ( $ij = Dd, Ff, Fd, Df$ ) przy  $k$ -tej krawędzi przegrody wyrażone są za pomocą wzoru:

$$R_{w,ij,k} = \frac{R_{w,i,k} + R_{w,j,k}}{2} + \Delta R_{w,i,k} + \Delta R_{w,j,k} + K_{ij,k} + 10 \log \left( \frac{S_d}{l_k l_0} \right) \quad (3)$$

- gdzie:  $l_k$  – długość  $k$ -tej krawędzi, wspólnej dla przegrody działowej i bocznej, m;  $l_0 = 1$  m,  
 $S_d$  – powierzchnia ocenianej przegrody działowej, m<sup>2</sup>,  
 $R_{w,ij,k}$  – ważne wskaźniki izolacyjności akustycznej przegrody bocznej lub działowej, dB,  
 $\Delta R_{w,i,k}$   $\Delta R_{w,j,k}$  – ważne wskaźniki izolacyjności akustycznej ustroju dźwiękoizolacyjnego przegrody bocznej lub działowej, dB,  
 $K_{ij,k}$  – tłumienie drgań akustycznych w węźle  $ij$ , dB.

Wartości tłumienia drgań w węźle  $K_{ij}$  ( $ij = Ff, Fd, Df$ ) zależą od rodzaju konstrukcji przegród w złączu (masywna lub lekka), mas powierzchniowych tych przegród oraz od rodzaju złącza (krzyżowe lub typu T). Postać funkcji  $K_{ij}$  podaje norma EN 12354 [8].

### 3.1.2. Wyznaczanie ważonego wskaźnika znormalizowanego poziomu uderzeniowego $L'_{n,w}$

Ważony wskaźnik poziomu uderzeniowego znormalizowanego  $L'_{n,w}$ , oblicza się za pomocą ogólnego wyrażenia uwzględniającego transmisję bezpośrednią i transmisję drogami bocznymi:

$$L'_{n,w} = 10 \log \left[ 10^{0,1 * L_{n,w}} + \sum_{ij} \sum_k \left( 10^{0,1 * L_{n,w,ij,k}} \right) \right] \quad (4)$$

- gdzie:  $L_{n,w}$  – ważony wskaźnik poziomu uderzeniowego znormalizowanego, wyznaczony dla rozpatrywanego stropu w warunkach laboratoryjnych, dB,  
 $L_{n,w,ij,k}$  – ważony wskaźnik poziomu uderzeniowego znormalizowanego wyznaczony dla drogi bocznej  $ij$  przy  $k$ -tej krawędzi stropu, dB,  
 $K$  – liczba ścian masywnych w pomieszczeniu.

Konfrontacja wyników obliczeń z wynikami pomiarów wykazała, że w przypadku transmisji dźwięków uderzeniowych w kierunku pionowym dominującą drogą boczną jest droga  $Df$ . W związku z tym można w przybliżeniu przyjąć, że:

$$L'_{n,w} = 10 \log \left[ 10^{0,1 * (L_{n,w,eq} - \Delta L_{d,w})} + \sum_k 10^{0,1 * (L_{n,w,Df,k})} \right] \quad (5)$$

- gdzie:  $L_{n,w,eq}$  – równoważny wskaźnik znormalizowanego poziomu uderzeniowego stropu bez podłogi wyznaczony w warunkach laboratoryjnych, dB,  
 $\Delta L_{d,w}$  – wskaźnik tłumienia dźwięków uderzeniowych przez podłogę w pomieszczeniu nadawczym, dB,  
 $L_{n,w,Df,k}$  – wskaźnik znormalizowanego poziomu dźwięków uderzeniowych drogi bocznej  $Df$  przy  $k$ -tej krawędzi stropu.

Wartość wskaźnika znormalizowanego poziomu dźwięku uderzeniowego  $L_{n,w,Df,k}$  (dla drogi bocznej  $Df$ ) wyznaczana jest dla każdej  $k$ -tej ściany masywnej zgodnie ze wzorem:

$$L_{n,w,Df,k} = L_{n,w} + \frac{R_{w,D,k} - R_{w,f,k}}{2} - K_{Df,k} - 10 \log \frac{S_d}{l_k l_0} \quad (6)$$

Oznaczenia jak we wzorach (3), (4).

### 3.2. Ocena hałasu zewnętrznego

Zgodnie z Dyrektywą 89/106/EEC oraz PN-87/B-02151[7] ochronę pomieszczeń przed hałasem zewnętrznym zapewnia się poprzez odpowiedni dobór izolacyjności ściany zewnętrznej. Musi ona być na tyle duża, aby równoważny poziom dźwięku  $A$  w pomieszczeniu ( $L_{A2eq}$ ) nie przekraczał dopuszczanych przez normę wartości.

Zależność pomiędzy wypadkową izolacyjnością ściany zewnętrznej  $R'_{tr,w}$  (uwzględniającą ewentualną obecność okien) a równoważnym poziomem dźwięku  $A$  ( $L_{A2eq}$ ) w pomieszczeniu jest następująca:

$$R'_{tr,w} = L_{A2eq} - L_{A1eq} - C_{tr} + 10 \log \left( \frac{S}{A} \right) \quad (7)$$

- gdzie:  $L_{A2eq}$  – równoważny poziom dźwięku  $A$  w pomieszczeniu, dB,  
 $L_{A1eq}$  – równoważny poziom dźwięku  $A$  na zewnątrz budynku, dB,  
 $R'_{tr,w}$  – wypadkowy ważony wskaźnik izolacyjności akustycznej właściwej przybliżonej ściany zewnętrznej, dB,  
 $C_{tr}$  – widmowy wskaźnik adaptacyjny, uwzględniający kształt widma hałasu zewnętrznego (wg EN ISO 717-1), dB,  
 $S$  – powierzchnia ściany zewnętrznej, m<sup>2</sup>,  
 $A$  – chłonność akustyczna pomieszczenia, m<sup>2</sup>.

Kryteria oceny hałasu zewnętrznego, wyrażone w postaci minimalnych wskaźników  $R'_{Atr} = R'_{tr,w} + C_{tr}$ , należy przyjmować zgodnie z tabelą 2.

Tabela 2. Zasady wyznaczania minimalnych właściwości izolacyjnych ściany zewnętrznej w zależności od poziomu dźwięku  $A$  przy elewacji oraz różnicy tego poziomu w porze dziennej i nocnej  $\Delta L_{A1eq}$

Rodzaj pomieszczenia	Ważony wskaźnik $R'_{Atr}$ ściany zewnętrznej, dB		
	$\Delta L_{A1eq} \geq 10$	$5 \leq \Delta L_{A1eq} < 10$	$0 \leq \Delta L_{A1eq} < 5$
Pokoje	$L_{A1eq} - 40 + 10 \log (S/A)$	$L_{A1eq} - 35 + 10 \log (S/A)$	$L_{A1eq} - 30 + 10 \log (S/A)$
Kuchnie	$L_{A1eq} - 45 + 10 \log (S/A)$	$L_{A1eq} - 40 + 10 \log (S/A)$	$L_{A1eq} - 35 + 10 \log (S/A)$
Inne	brak wymagań		

### 3.3. Ocena hałasu instalacyjnego pochodzącego od urządzeń technicznych

Do oceny hałasu instalacyjnego stosowane są wymagania normowe dotyczące dopuszczalnych wartości poziomu dźwięku  $A$  hałasu przenikającego do pomieszczeń w budynku [1]. Wymagania te są uzależnione od charakteru zakłóceń akustycznych (hałas

ustalony i niestabilny), oraz od rodzaju pomieszczenia i pory doby, w której ten hałas występuje. W zależności od typu hałasu parametrami normowymi są:

- w przypadku hałasu ustalonego – średni poziom dźwięku  $A$  ( $L_{Am}$ ),
- w przypadku hałasu niestabilnego – równoważny poziom dźwięku  $A$  ( $L_{Aeq}$ ) oraz maksymalny poziom dźwięku ( $L_{Amax}$ ).

Okres, dla którego wyznaczane są wartości równoważnego poziomu dźwięku  $A$ , wynosi zawsze 8 najbardziej niekorzystnych godzin w ciągu dnia (godz. 6<sup>00</sup>–22<sup>00</sup>) oraz 0,5 godziny w ciągu nocy (godz. 22<sup>00</sup>–6<sup>00</sup>). Zasadę klasyfikacji poziomu dźwięku  $A$  w pomieszczeniu chronionym, dla różnej pory dnia i nocy oraz różnego typu pomieszczeń, przedstawiono w tabelicy 3. Kryteria oceny dotyczą każdego rodzaju hałasu (źródła) oddzielnie. W przypadku działania źródeł hałasu przez całą dobę brane są pod uwagę kryteria oceny dotyczące pory nocnej.

Tablica 3. Klasyfikacja wartości poziomu dźwięku  $A$  hałasu instalacyjnego ( $L_{Aeq}$  i  $L_{Amax}$ ) w zależności od pory dnia i typu pomieszczenia

Kategoria wartości poziomu dźwięku $A$ hałasu instalacyjnego	Poziom dźwięku $L_{Aeq}$ lub $L_{Amax}$ , dB			
	w dzień		w nocy	
	w pokoju	w innym pomieszczeniu	w pokoju	w innym pomieszczeniu
Wszystkie rodzaje hałasu instalacyjnego	$L_{Aeq} \leq 35$	$L_{Aeq} \leq 40$	$L_{Aeq} \leq 25$	$L_{Aeq} \leq 40$
Hałas niestabilny (np. od windy)	$L_{Amax} \leq 40$	$L_{Amax} \leq 45$	$L_{Amax} \leq 30$	$L_{Amax} \leq 45$

Poziom dźwięku  $A$  w pomieszczeniu, powstały wskutek przenikającego przez przegrodę hałasu instalacyjnego, jest wyznaczany z następującej zależności:

$$L_{A2} = L_{A1} - R_A + 10 \log \frac{S}{A} \quad (8)$$

- gdzie:  $L_{A2}$  – poziom dźwięku  $A$  w pomieszczeniu chronionym, dB,  
 $L_{A1}$  – poziom dźwięku  $A$  w pomieszczeniu nadawczym, dB,  
 $R_A$  – izolacyjność akustyczna przegrody uwzględniająca krzywą ważenia  $A$  oraz kształt widma hałasu, dB,  
 $S$  – powierzchnia przegrody, przez którą przenika energia akustyczna, m<sup>2</sup>,  
 $A$  – chłonność akustyczna pomieszczenia odbiorczego, m<sup>2</sup>.

Izolacyjność akustyczna przegrody  $R_A$  wyznaczana jest za pomocą wzoru:

$$R_A = R'_w + C_t \quad (9)$$

- gdzie:  $R'_w$  – ważony wskaźnik izolacyjności akustycznej przybliżonej, dB,  
 $C_t$  – widmowy wskaźnik adaptacyjny uwzględniający kształt widma hałasu instalacyjnego, dB.

Widmowy wskaźnik adaptacyjny hałasu instalacyjnego oblicza się podobnie jak wskaźniki adaptacyjne  $C$  i  $C_{tr}$  w normie ISO 717 [9] za pomocą wzoru:

$$C_t = -10 \log \left( \sum_i 10^{0,1(L_{ti} + A_i - L_{A1} - R_i)} \right) - R_w \quad (10)$$

gdzie:  $L_{ti}$  – poziom ciśnienia akustycznego w pomieszczeniu nadawczym dla  $i$ -tego pasma częstotliwości, dB,  
 $i$  – numer pasma częstotliwości,  
 $A_i$  – poprawka krzywej korekcji  $A$  dla  $i$ -tego pasma częstotliwości, dB,  
 $R_i$  – izolacyjność akustyczna właściwa przegrody dla  $i$ -tego pasma częstotliwości, dB,  
 $L_{A1}$  – poziom dźwięku  $A$  w pomieszczeniu nadawczym, dB,  
 $R_w$  – ważony wskaźnik izolacyjności akustycznej właściwej, dB.

#### 4. Syntetyczny wskaźnik oceny jakości akustycznej budynku

Syntetyczny wskaźnik jakości akustycznej projektu budynku służy do określenia, w jakim stopniu rozwiązania materiałowo-konstrukcyjne i układ funkcjonalny budynku zapewniają odpowiedni klimat akustyczny mieszkań.

Ze względu na odmienność kryteriów oceny oraz ewentualną konieczność podjęcia różnych działań zmierzających do poprawy warunków akustycznych wyodrębniono następujące typy hałasu, których występowanie ma wpływ na syntetyczny wskaźnik oceny:

- 1) hałas sąsiedzki – powietrzny i uderzeniowy,
- 2) hałas instalacyjny,
- 3) hałas zewnętrzny.

Badania ankietowe wykazały [9], że ogólna ocena uciążliwości wyżej wymienionych typów hałasu jest podobna. Pozwala to na przyjęcie założenia, że wskaźniki oceny poszczególnych typów hałasu mają jednakowe wagi. W związku z tym syntetyczny wskaźnik oceny jakości akustycznej budynku  $K'$  zapisany jest w postaci:

$$K' = K'_S + K'_I + K'_Z \quad (11)$$

gdzie:  $K'_S$  – wskaźnik oceny hałasu sąsiedzkiego,  
 $K'_I$  – wskaźnik oceny hałasu instalacyjnego,  
 $K'_Z$  – wskaźnik oceny hałasu zewnętrznego.

Zakładając, że każdy z tych wskaźników powinien być znormalizowany do wartości należącej do przedziału [0,1], wzór (11) przyjmuje postać:

$$K = \frac{K_S + K_I + K_Z}{3} \quad (12)$$

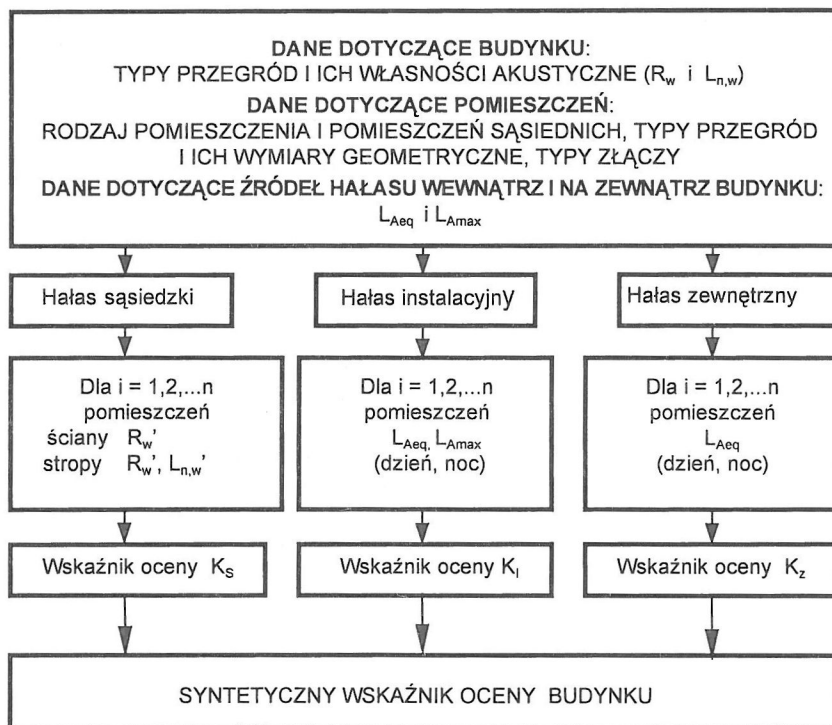
przy czym

$$0 \leq K, K_S, K_I, K_Z \leq 1$$

Im większa jest wartość wskaźników  $K_S$ ,  $K_I$ ,  $K_Z$  i  $K$ , tym stopień niespełnienia wymagań normowych jest większy. Inaczej mówiąc, poprawny pod względem akustycznym projekt

budynku powinien otrzymać wszystkie oceny, wyrażone w postaci wskaźników  $K$  równe zero, co oznacza, że wszystkie problemy akustyczne związane z propagacją hałasu wewnętrznego (sąsiedzkiego i instalacyjnego) oraz zewnętrznego (komunikacyjnego) zostały rozwiązane prawidłowo.

Na zamieszczonym niżej wykresie (rys. 2) przedstawiono etapy oceny jakości akustycznej budynku.



Rys. 2. Etapy oceny jakości akustycznej projektu budynku

Założenia do wyznaczenia poszczególnych wskaźników oceny  $K_S$ ,  $K_I$ ,  $K_Z$  oraz syntetycznego wskaźnika  $K$  zostały opracowane na podstawie wieloletnich metodycznych badań ankietowych i towarzyszących im pomiarów akustycznych przeprowadzonych na reprezentatywnych próbach statystycznych [2], [4], [5], [7]. Wykorzystanie wyników tych badań pozwoliło na uwzględnienie wagi poszczególnych składników oceny w zależności od ich słyszalności i uciążliwości, kierunku rozprzestrzeniania się hałasu (przez ściany lub stropy), typu pomieszczenia chronionego oraz stopnia niespełnienia wymagań normowych.

Wskaźnik oceny hałasu sąsiedzkiego, wyrażony w procentach, jest opisany za pomocą wzoru (13):



$$K_s = \frac{\sum_{i=1}^6 W_i P_i}{100 \sum_{i=1}^6 W_i} \quad (13)$$

gdzie:  $W_i$  – waga oceny hałasu według tablicy 4,  
 $P_i$  – procent pomieszczeń, w których stwierdzono niespełnienie wymagań normowych.

Tablica 4. Zestawienie wag oceny hałasu sąsiedzkiego

Rodzaj hałasu	Rodzaj przegrody	Rodzaj pomieszczenia	Waga oceny
Powietrzny	ściany	pokoje	4
		inne pomieszczenia	3
Powietrzny	stropy	pokoje	8
		inne pomieszczenia	7
Uderzeniowy	stropy	pokoje	10
		inne pomieszczenia	8

Wskaźnik oceny hałasu instalacyjnego określa się za pomocą wzoru:

$$K_I = \frac{\sum_{i=1}^n P_{u,i} + 1,3 \sum_{j=1}^m P_{nu,j}}{140 (n + 1,1m)} \quad (14)$$

gdzie:  $n$  – liczba źródeł hałasu ustalonego,  
 $m$  – liczba źródeł hałasu nieustalonego,  
 $P_{u,i}$  – procent mieszkańców narażonych na hałas ustalony  $i$ -tego źródła,  
 $P_{nu,j}$  – procent mieszkańców narażonych na hałas nieustalony  $j$ -tego źródła.

$$P_{u,i} = P_{u,i} (\text{kat.I}) + 1,4 P_{u,i} (\text{kat.II}) \quad (15)$$

$$P_{nu,j} = P_{nu,j} (\text{kat.I}) + 1,2 P_{nu,j} (\text{kat.II}) \quad (16)$$

Do kategorii pierwszej zalicza się pomieszczenia, w których przekroczenie poziomu dźwięku ( $L_{A_{max}}$  lub  $L_{Aeq}$ ) nie przekracza 3 dB, do kategorii drugiej natomiast – jeżeli poziom dźwięku przewyższa poziom dopuszczalny o więcej niż 3 dB.

Współczynnik oceny hałasu komunikacyjnego wynosi:

$$K_Z = \frac{P_Z (\text{kat.I}) + 1,3 P_Z (\text{kat.II})}{1,3 \cdot 100} \quad (17)$$

gdzie  $P_z$  (kat.I),  $P_z$  (kat.II) oznaczają procenty pomieszczeń, w których izolacyjność akustyczna ściany zewnętrznej jest niewystarczająca (kat.I – niedobór izolacyjności jest mniejszy lub równy 3 dB, kat.II – niedobór jest większy od 3 dB).

Szczegółowy opis metody wyznaczania syntetycznego wskaźnika oceny akustycznej budynku zawierają prace [3], [4].

Numeryczną reprezentację tej metody stanowi program komputerowy BUDYNEK, opracowany w Zakładzie Akustyki ITB (rys. 3).

## 5. Wnioski

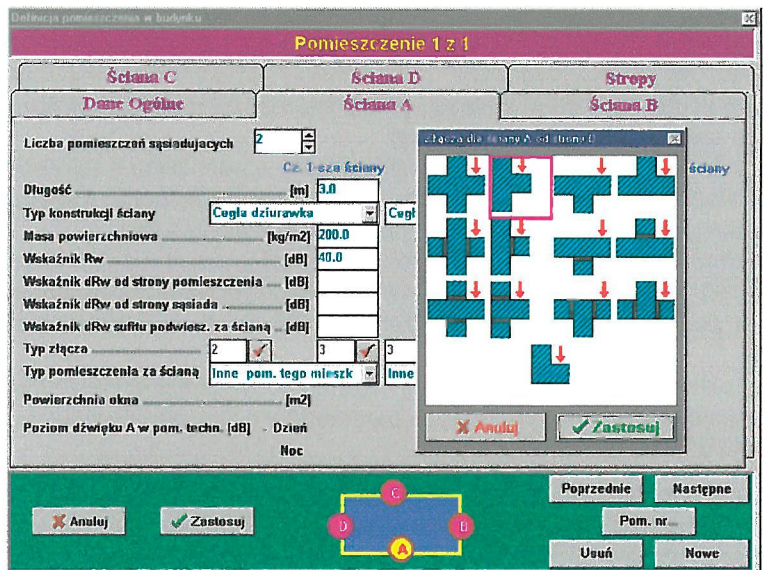
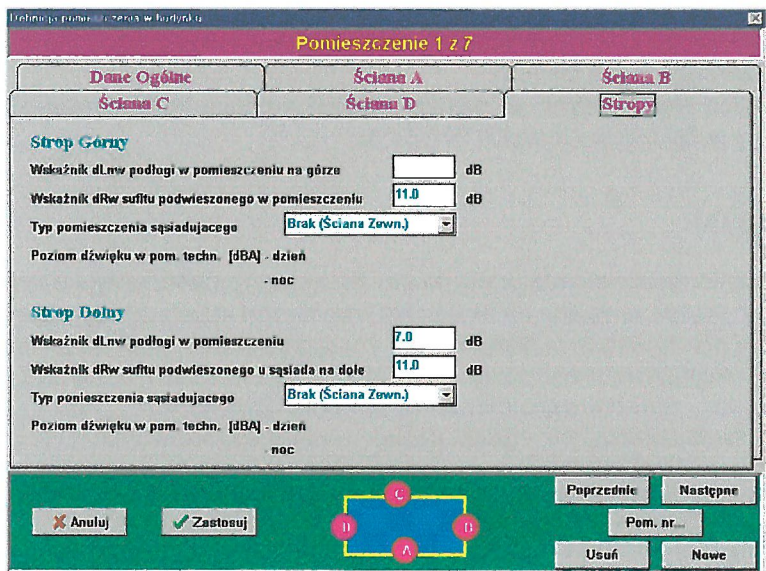
- W prezentowanej metodzie oceny jakości akustycznej projektu budynku zastosowano:
  - algorytmy pozwalające na określenie właściwości akustycznych przegród w warunkach rzeczywistych w budynku, tzn. z uwzględnieniem przenoszenia bocznego energii akustycznej przez przegrody przyległe (zgodnie z EN 12354 [8]),
  - algorytmy umożliwiające określenie poziomu dźwięku  $A$  ( $L_{Aeq}$  lub  $L_{Amax}$ ) w pomieszczeniu chronionym – dzięki zastosowaniu wskaźników adaptacyjnych widma (zgodnie z EN ISO 717 [9]),
  - oryginalną metodę określania syntetycznego wskaźnika oceny jakości akustycznej budynku.
- Syntetyczny wskaźnik oceny akustycznej budynku, będący odpowiednikiem jednolitego wskaźnika oceny akustycznej przegród, uwzględnia wagę zagrożeń różnego typu hałasem w zależności od jego uciążliwości oraz zasięgu występowania (liczebności pomieszczeń zagrożonych) i umożliwia ocenę projektu budynku jako całości. Przy ocenie klimatu uwzględniono potencjalną możliwość występowania hałasu sąsiedzkiego (powietrznego i uderzeniowego), hałasu pochodzącego od urządzeń technicznych i instalacyjnych oraz hałasu komunikacyjnego.

Założenia do wyznaczenia tego wskaźnika zostały opracowane na podstawie wieloletnich metodycznych badań ankietowych i towarzyszących im pomiarów akustycznych przeprowadzonych na reprezentatywnych próbach statystycznych.

Jako parametry oceny hałasu sąsiedzkiego przyjęto ważne wskaźniki izolacyjności akustycznej przybliżonej  $R'_w$  i poziomu uderzeniowego znormalizowanego przybliżonego  $L'_{n,w}$ , w pozostałych zaś przypadkach – maksymalne i ekwiwalentne poziomy dźwięku  $A$ .

Kryteria oceny zostały przyjęte według obecnie obowiązującej PN-87/B-02151 [1], z wykorzystaniem dodatkowych, nowych parametrów oceny akustycznej, wprowadzonych w EN ISO 717 [9].

- Kompleksowa metoda oceny jakości akustycznej budynku wraz z programem komputerowym może stanowić istotną pomoc dla projektantów. Jest ona bowiem dokonywana zgodnie z Dyrektywą EWG oraz obowiązującymi wymaganiami normowymi, przy uwzględnieniu nowych parametrów oceny akustycznej przegród, zawartych w normach europejskich, które mają być wprowadzone w niedalekiej przyszłości do stosowania w Polsce.



Rys. 3. Kopie ekranu z programu komputerowego BUDYNEK

## Literatura i dokumenty

- [1] PN-87/B-02151 Akustyka budowlana. Ochrona przed hałasem pomieszczeń w budynkach. Arkusz 02 – Dopuszczalne wartości poziomu dźwięku w pomieszczeniach. Arkusz 03 – Izolacyjność akustyczna przegród w budynkach oraz izolacyjność akustyczna elementów budowlanych
- [2] Iżewska A.: Ocena subiektywno-objektywna jakości akustycznej pomieszczeń w budynkach prefabrykowanych. Rozprawa doktorska. Warszawa 1993, maszyn., Biblioteka ITB
- [3] Iżewska A.: Syntetyczny wskaźnik oceny jakości akustycznej projektu budynku. *Prace Instytutu Techniki Budowlanej – Kwartalnik*, 1-2, 1994, s. 29-40
- [4] Iżewska A.: Syntetyczny wskaźnik oceny akustycznej projektu budynku. Projekt badawczy nr 7 T07E 012 10, KBN. Warszawa 1998, maszyn., Biblioteka ITB
- [5] Sadowski J., Szudrowicz B.: Ochrona przeciwhałasowa pomieszczeń w budynkach mieszkalnych prefabrykowanych. Temat NA-65 (P-F6F094P – współpraca polsko-ame-rykańska), Warszawa 1981, maszyn., Biblioteka ITB
- [6] Sadowski J., Acoustic problems in multistorey residential buildings raised by means of industrialized technology methods. *Archives of Acoustics*, 10, 4, s.447-466 (1985)
- [7] Iżewska A., Szudrowicz B.: Metody kontroli pod względem akustycznym projektów budowlanych w zakresie budownictwa mieszkaniowego i ogólnego. Temat NA-11 (ba-dania statutowe KBN, grupa tematyczna 2.6, temat 2.6.1.3), Warszawa 1994, maszyn., Biblioteka ITB
- [8] EN 12354 Building Acoustics – Estimation of acoustic performance of buildings from the performance of products. Part 1: Airborne sound insulation between rooms. Part 2: Impact sound insulation between rooms. Part 3: Airborne sound insulation against outdoor noise
- [9] EN ISO 717:1996 Acoustics – Rating of sound insulation in buildings and of building elements

### ACOUSTIC DESIGN OF RESIDENTIAL BUILDINGS

#### Summary

The assessment of acoustic climate of building in phase of its design includes potential possibility of neighbours' noise (airborne and impact), noise from technical equipment and installation and traffic noise occurrence. The indices  $R'_w$  and  $L'_{n,w}$  were taken as standard parameters of the neighbours' noises evaluation, whereas in other cases – the sound levels  $L_{Aeq}$  and  $L_{Amax}$  were used. The new prediction methods have found application in evaluation of the required parameters. The global index of acoustic quality of building project, defined on the base of the measurement and survey results, serves to assess to such degree the building construction ensures a proper acoustic climate of dwellings, i.e. – how many dwellings in building are constructed with regards of the standard requirements according to PN-87/B-02151 [1].

*Praca wpłynęła do Redakcji 14 V 1999*