

# 5. Būvakustika

## 5.1. Vispārīgs apskats

Troksnis ir faktors, kas nelabvēlīgi iedarbojas uz cilvēku, pazemina darbaspējas un kaitē veselībai. Tāpēc viens no būvakustikas uzdevumiem līdzās dažādas nozīmes ēku projektēšanai ir arī pasargāt cilvēkus no ikdienas trokšņiem šajās ēkās.

Eiropas attīstītajās valstīs pastāv nacionālie standarti, kuru normas nodrošina cilvēku aizsardzību pret noteiktiem trokšņiem. Arī Latvijā ir izveidots šāds būvnormatīvs [2]. Tālākā perspektīvā Eiropas Savienībā tiks izveidoti vairāk vai mazāk vienoti būvakustikas standarti.

Trokšņi ēkās ir iedalāmi pēc to rašanās un izplatīšanās veida.

1. Ja troksnis ēkā ir radies kādā telpā un izplatās pa gaisu caur sienām uz blakus telpām, tad šādas skaņas izplatīšanās izolāciju apraksta ar skaņas gaisā izolācijas indeksu  $R'_{w}$ , un to mēra decibelos (dB). Tas ir skaitlis, ar kuru novērtē ēkas iekšējo norobežojušo konstrukciju skaņizolāciju, ievērojot gan skaņas izplatīšanos caur norobežojušo konstrukciju, gan arī caur tai blakus esošajām konstrukcijām – blakusceļiem. Laboratorijas apstākļos, izslēdzot blakusceļus, ēkas iekšējās norobežojošās konstrukcijas skaņizolāciju raksturo ar skaņas gaisā izolācijas indeksu  $R_w$  (dB).

2. Ja troksnis veidojas triecienu rezultātā, kādiem ķermeņiem saduroties ar ēkas norobežojošajām konstrukcijām, to sauc par triecientrokšni, un tā izolāciju raksturo ar reducēto triecientrokšņa līmeņa indeksu  $L'_{n,w}$  (dB). Šis lielums raksturo triecientrokšņa izolāciju reālos apstākļos, ietverot arī skaņas izplatīšanos pa blakusceļiem. Laboratorijas apstākļos, izslēdzot blakusceļus, iegūst reducēto triecientrokšņa (triecienskaņas) līmeņa indeksu  $L_{n,w}$  (dB).

3. Ja troksnis ēkā iekļūst no ārpusē caur ēkas ārējām norobežojošajām konstrukcijām, tad to raksturo ar skaņas gaisā izolācijas indeksu  $R'_{tr,s,w}$  (dB), kas novērtē skaņizolāciju starp telpu un ārējo teritoriju.

Minētie norobežojušo konstrukciju raksturlielumi ir būtiski atkarīgi no frekvences, un šo atkarību var izmērīt eksperimentāli gan konkrētā ēkā, gan laboratorijas apstākļos (1. un 2. gadījumā).

## 5.2. Skaņas mērīšana

Jauna cilvēka auss skaņu uztver frekvenču intervālā 16–20 000 Hz (pieaugot cilvēka vecumam, šis intervāls sašaurinās) un skaņas spiediena robežās no  $2 \cdot 10^{-5}$  līdz 20 Pa. Visjutīgākā cilvēka auss ir frekvenču intervālā 1000–5000 Hz. Skaņu, kuras frekvence ir zemāka par 16 Hz, sauc par infraskaņu, bet skaņu, kuras frekvence ir lielāka par 20 000 Hz – par ultraskaņu. Mazāko skaņas intensitāti vai spiedienu, ko cilvēka auss vēl spēj uztvert, sauc par dzirdamības sliekšni, bet lielāko – par sāpju robežu. Šāda plaša skaņas spiediena vai intensitātes diapazona raksturošanai ir lietderīgi ieviest ārpussistēmas mērvienību decibels (dB) ar formulu:

$$L = 20 \cdot \lg \frac{p}{p_0} = 10 \cdot \lg \frac{I}{I_0} \quad (5.1)$$

kur  $p$  – skaņas spiediens, Pa;

$p_0$  – dzirdamības sliekšnis,  $2 \cdot 10^{-5}$  Pa, aptuveni pie 1000 Hz;

$I$  – skaņas intensitāte,  $W/m^2$  ( $I = \frac{p^2}{\rho v}$ );

$I_0$  – nulles līmeņa skaņas intensitāte,  $10^{-12} \text{ W/m}^2$  ( $I_0 = \frac{P_0^2}{\rho v}$ );

$\rho$  – gaisa blīvums, aptuveni  $1,2 \text{ kg/m}^3$ ;

$v$  – skaņas izplatīšanās ātrums gaisā,  $343 \text{ m/s}$ .

Lieluma  $L$  noteikšanai tiek ievērota cilvēka auss dzirdamības funkcija (cilvēka dzirdes atkarība no frekvences).

Skaņas viļņiem krītot uz norobežojošajām konstrukcijām, skaņa daļēji atstarojas un daļēji tiek absorbēta. Absorbētās skaņas intensitāti nosaka skaņas absorbcijas koeficients  $\alpha$ :

$$\alpha = \frac{I_{\text{abs}}}{I_{\text{krit}}} \quad (5.2)$$

kur  $I_{\text{abs}}$  – absorbētās skaņas intensitāte;

$I_{\text{krit}}$  – uz konstrukciju krītošās skaņas intensitāte.

Lielums  $\alpha$  var mainīties robežās no 0 līdz 1 un ir stipri atkarīgs no skaņas frekvences. Sareizinot telpas atsevišķo elementu virsmas laukumus ar to materiālu skaņas absorbcijas koeficientiem, iegūst telpas ekvivalento absorbcijas laukumu  $A$ :

$$A = \sum_i \alpha_i \cdot S_i \quad (5.3)$$

kur  $S_i$  –  $i$ -tā elementa virsmas laukums,  $\text{m}^2$ ;

Ekvivalentais absorbcijas laukums ir vienāds ar tādu iedomātu virsmas laukumu, kurš pilnīgi, 100% absorbē skaņu.

Ja telpā ir radīta skaņa, tad, skaņas avotu izslēdzot, skaņa norimst pakāpeniski. Laiku, kurā skaņas līmenis samazinās par 60 dB sauc par reverberācijas laiku ( $T$ ). Starp reverberācijas laiku  $T$ , absorbcijas laukumu  $A$  ( $\text{m}^2$ ) un telpas tilpumu  $V$  ( $\text{m}^3$ ) pastāv Sabinē sakarība:

$$T = 0,16 \frac{V}{A} \quad (5.4)$$

Skaņai izplatoties caur norobežojošo konstrukciju no vienas telpās otrā, skaņizolācija tiek raksturota ar skaņizolācijas indeksu  $R_w$  vai  $R_w'$ :

$$R_w = 10 \cdot \lg \frac{I_1}{I_2} \quad (5.5a)$$

$$R_w' = 10 \cdot \lg \frac{I_1}{I_2'} \quad (5.5b)$$

kur  $I_1$  – uz norobežojošo konstrukciju krītošās skaņas intensitāte;

$I_2$  – caur norobežojošo konstrukciju cauri izgājušās skaņas intensitāte bez blakusceļiem (laboratorijas apstākļos);

$I_2'$  – ievērojot skaņas blakusceļus caur citām konstrukcijām.

Tā kā skaņas intensitāti mērit ir grūtāk nekā skaņas spiedienu, tad skaņizolācijas indeksu mērīšanai izmanto skaņas līmeņa  $L$  mērījumus. Vienā (primārajā) telpā novieto skaņas avotu, bet otrā (sekundārajā) uztvērēju. Izmērot sekundārās telpas reverberācijas laiku, pēc Sabinē formulas var noteikt telpas ekvivalento absorbcijas laukumu ( $A_2$ ), un tad skaņas izolācijas indeksus aprēķina pēc formulām:

$$R'_w = L_1 - L_2' + 10 \cdot \lg \frac{S}{A_2} \quad (5.6a)$$

$$R_w = L_1 - L_2 + 10 \cdot \lg \frac{S}{A_2} \quad (5.6b)$$

kur  $L_1, L_2$  – telpu vidējie skaņas līmeņi ( $L_2'$  – ievērojot blakusceļus);

$S$  – norobežojuma virsmas laukums,  $m^2$ .

Tā kā lielumi  $R'_w$  un  $R_w$  ir atkarīgi no frekvences, tad vidējā indeksa noteikšanai tiek izmantota standartizēta frekvenču raksturliktne.

Reducētā triecientrokšņa jeb triecienskaņas līmeņa indeksu mēra līdzīgi skaņizolācijas indeksam. Atšķirība ir tā, ka triecienskaņu rada speciāls triecienskaņas ģenerators. Šajā ģeneratorā ir pieci atsvari (katra masa – 500 g), kas cits pēc cita krīt no 4 cm augstuma 10 reizes sekundē uz grīdas, veidojot primārajā telpā triecienskaņu. Indeksu  $L'_{n,w}$  nosaka pēc formulas:

$$L'_{n,w} = L_2 + 10 \cdot \lg \frac{A_2}{A_0} ; A_0 = 10 \text{ m}^2. \quad (5.7)$$

Analogi lielumu  $R'_w$  un  $R_w$  vidējā lieluma noteikšanai, arī  $L'_{n,w}$  noteikšanai izmanto standartizētu frekvenču raksturliktni.

### 5.3. Skaņas absorbcija un izolācija

Dažādu materiālu skaņas absorbciju praksē izmanto skaņizolācijas slāņu veidošanai. Latvijas būvnormatīvā LBN 016-03 «Būvakustika» [2] normētie skaņizolācijas lielumi ir skaņizolācijas indekss  $R'_{w}$ , reducētais triecientrokšņa līmeņa indekss  $L'_{n,w}$  un minimālais skaņas gaisā izolācijas indekss  $R'_{tr,s,w}$  atkarībā no ārējo trokšņu līmeņa. Skaņas gaisā izolācijas indeksiem jābūt ne zemākiem par LBN 016-03 2. un 3. pielikuma tabulās dotajiem lielumiem, bet triecientrokšņa līmeņa reducētie indeksi nedrīkst pārsniegt tabulās minētos lielumus. Pielikuma tabulās dotās indeksa  $R'_{w}$  vērtības ir nepieciešamā skaņizolācija starp telpām vertikālā un horizontālā virzienā. Indekss  $L'_{n,w}$  apzīmē nepieciešamo triecientrokšņa izolāciju visos virzienos (vertikālā, horizontālā, diagonālā). Atbilstību triecientrokšņa izolācijas prasībām nosaka telpām ar grīdas virsmas laukumu vismaz 2,5  $m^2$ . Piemēram, būvnormatīvā LBN 016-03 [2] ir izvirzīta prasība, ka starp dzīvokļu dzīvojamām telpām skaņas gaisā izolācijas indekss  $R'_{w}$  nedrīkst būt zemāks par 54 dB.

Literatūrā [1] ir aprakstīti četri norobežojušo konstrukciju tipi, ar kuru palīdzību var panākt nepieciešamo skaņizolāciju. Trijos no šiem tiptiem kā skaņu slāpējošs elements figurē bieža un masīva siena. Masīvas sienas skaņcaurlaidību nosaka tā saucamais masas likums, saskaņā ar kuru zināmās frekvences robežās skaņizolācijas indekss pieaug, pieaugot frekvencei un uz laukumu normētai sienas masai  $m'$  ( $kg/m^2$ ):

$$R = 20 \cdot \lg(f \cdot m') - 47; \quad (dB) \quad (5.8)$$

kur  $f$  – skaņas frekvence, Hz.

Piemēram, kā parādīts literatūrā [1], pie frekvences 244 Hz un  $m' = 410 \text{ kg/m}^2$  skaņizolācijas indekss R, aprēķināts pēc formulas (5.8), dod 53 dB. Sistēmas «Dobeles panelis» sienas konstrukcijai, kurā ņemta vērā tikai dzelzsbetona slāņa skaņizolācija (dzelzsbetona slāņa biezums 0,15 m; blīvums  $2400 \text{ kg/m}^3$  [3];  $m' = 360 \text{ kg/m}^2$ ), piemērojot formulu (5.8), iegūstam 52 dB.

Skaņizolāciju vēl papildus paaugstina arī vieglā materiāla (putupolistirola) siltumizolācijas slāņi, kas sistēmas «Dobeles panelis» sienu konstrukcijām atrodas abās pusēs masīvai dzelzsbetona konstrukcijai. Tādējādi var sagaidīt, ka sistēmas «Dobeles panelis» sienu konstrukcijām būs raksturīgs ar labs skaņizolācijas indekss. Ar sistēmām, kas analogas sistēmai «Dobeles panelis» un to tehniskajiem datiem (tajā skaitā skaņizolācijas) lasītājs papildus var iepazīties arī internetā [4, 5, 6].

Šo teoriju apstiprina sistēmai «Dobeles panelis» analogas konstrukcijas

«PLASTBAU-3» akustiskās pārbaudes, kas veiktas Itālijā saskaņā ar standarta UNI EN ISO 717 1. daļu 1997 (protokols Nr. 141742). Pārbaudītā būvkonstrukcija ar laukumu  $11,8 \text{ m}^2$  satur 150 mm biezu dzelzsbetona sienas elementu, kam abās pusēs ir 50 mm biezs EPS 200 slānis ar blīvumu  $30 \text{ kg/m}^3$ . Ievērojot konstrukcijas ārējās apdares kārtas, kopējais konstrukcijas biezums ir 320 mm. Pēc akustisko pārbaūžu veikšanas konstatēts, ka šīs būvkonstrukcijas skaņas gaisā izolācijas indekss  $R'_w = 60 \text{ dB}$ .

### Literatūra

1. I. Veits. Aizsardzība pret skaņu pārnesei ēkās un attiecīgie starptautiskie standarti.– Zinātniski praktiskais seminārs: «Ēku norobežojošo konstrukciju siltumtehnika». – Rīga, 16.–17.03.2000. 18-1 līdz 18-13 lpp.
2. Latvijas būvnormatīvs LBN 016-03 «Būvakustika».
3. Latvijas būvnormatīvs LBN 002-01 «Ēku norobežojošo konstrukciju siltumtehnika». Apstiprināts ar Ministru kabineta 2001. g. 27. novembra noteikumiem NR 495.
4. <http://www.sstburo.ru>
5. [http://www.sukiennik.pl/html\\_rus/stropy\\_styropianowe\\_rus.html](http://www.sukiennik.pl/html_rus/stropy_styropianowe_rus.html)
6. <http://www.plastbau-m.ru/topics.php?topicID=25>