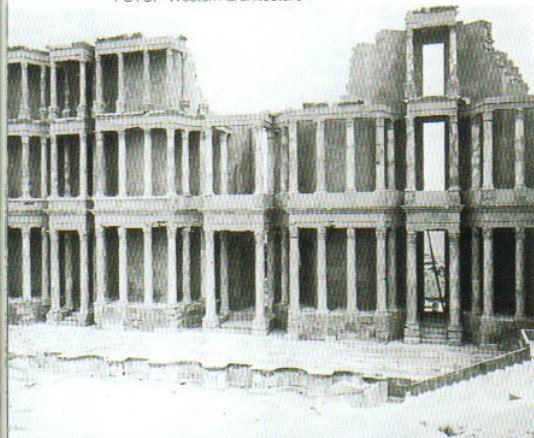


Autoram 15 akustikas konsultanta darbības gados nācies atbildēt uz neskaitāmiem jautājumiem par skaņas procesiem ēkās. Tomēr visiem arhitektiem un būvinžinieriem visos laikos ir aktuālās tēmas. Rakstā mēģināts rast atbildi uz tām.

FOTO: «Western architecture»



**Romiešu amfiteātra skatuve (m. ē. 200. g., Libija).**



**Sofijas katedrāle Stambulā ar bizantiskās struktūras īpatnībām.**

## Septiņi jautājumi par akustiku

*A. Zabrauskis, RTU pr. docents, akustikas zinātņu maģistrs*

**Ko var mācīties un izmantot mūsdienu akustikā no vēsturiskajām būvēm un to stilēm?**

Būvniecības vēsture ir atstājusi daudz akustiski nozīmīgu celtnu, taču to novērtējumam parasti pietrūkst sistemātiskuma. Daudz aprakstītie senās Grieķijas un Romas amfiteātri neapšaubāmi bija izcilas būves piemērs vairāk nekā 2000 gadu garumā, taču no mūsdienu skatupunkta tajos nav nekā noslēpumaina. Perfektais skatītāju izvietojums pusapļa vai eliptiskā amfiteātri, plašais spēcīgi skaņu atstarojošo akmens materiālu lietojums kombinācijā ar «orhestras» radijajiem atstarojumiem nodrošināja «lielisku akustiku». Tajā pašā laikā nereti netiek novērtēti tādi būtiski elementi kā Romas impērijas vēlinajā periodā lietotās trislīmeņu aizskatuves sienas, kas bagātīgi izkliedē skaņu, un, protams, rezonējošo tilpumu ieviešana.

Pirmie renesanses teātri īstenībā bija pārsegti romiešu amfiteātri, bet jaunā skaņas procesa – reverberācijas – iespaidā to akustika nepavisam nebija izcila.

Visnozīmīgākais būvakustiskais mantojums gan kvantitatīvi, gan kvalitatīvi ir sakrālās celtnes, tomēr to dažādie stili visai būtiski iespaido akustiskos procesus tajās. Bizantiskā stila dievnamus ar augstiem kupolu pārsegumiem un maksimālu akmens materiālu lietojumu raksturo liela



FOTO: «Western architecture»

reverberācija un nevienmērīgs skaņas sadalījums tilpumā, tādējādi padarot to pielāgošanu mūsdienu akustiskajām prasībām visai problemātisku. Romāniskas un gotikas katedrālēs augstu novietotās velnes un kolonādes nodrošina lielisku skaņas izkliedi kombinācijā ar lielu reverberāciju – teicama vide kora mūzikai un ērģelmūzikai. Jaunākie (sevišķi protestantu

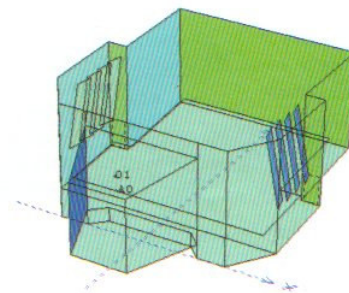
FOTO: A. ZABRAUSKIS



Vilņas Kongresu nama zāles rekonstrukcija – maksimāli paaugstināta skaņas difuzitāte (1999. g., skats pirms krēslu montāžas, A. Zabrauska akustikas projekts).



Projektējamas zāles trīsdimensiju datormodelis.



konfesiju) dievnami ar mazāku kubatūru un koka apdari labi atbilst arī simfoniskās un kamerģimēziskas raksturam.

18.–19. gs. atstājis virkni teātra ēku visā Eiropā, kas pamatoti var kalpot par akustisku etalonu mūsdienās – perfekti balansēts vokālistu un orķestra skaņējums, atbilstoša reverberācija, skaņas skaidrība un telpiskums vienlaikus – tās ir īpašības, kas nepieciešamas ikvienā atbildīgā mūsdienai zālē. Būtiska ir nevis tieša analogija ar šīm ēkām, bet gan akustiska analogija, t. i., pareizas proporcijas, izkliedējoši elementi un perfekta apdare.

**Cik ticamas ir akustiskās prognozes un aplēses?**

Pēdējos divdesmit gados notikušais lielais «izrāviens» akustiskajā prognozēšanā galvenokārt saistīts ar datorizāciju. Septiņdesmitajos gados projektēšana aprobežojās ar visai aptuveniem reverberācijas aprēķiniem un ģeometrisku atstarojumu zīmēšanu divās plaknēs, kas gan pieredzējušiem būvakustiķiem, piem., docents A. Vecsīlis, nereti bija pietiekami kvalitatīva rezultāta sasniegšanai. Asteidzīgie gadi ļāva veikt visu veidu aplēses daudz plašāk un ātrāk (kvantitatīvas izmaiņas), bet deviņdesmitie gadi ienesa jaunas kvalitātes – iespēju trīsdimensionāli modelēt jebkuru apbūves situāciju vai telpu ar visām (vai gandrīz

visām) akustiskajām īpašībām. Nav problēma noteikt to vai citu no vairāk kā 10 kritērijiem jebkurā vides punktā, problēma ir to novērtēšana un optimizācija. Augstākā modelēšanas pakāpe ir t. s. auralizācija, kad caur akustisko datormodeli ir iespējams noklausīties jebkuru skaņdarbu jebkurā projektējamās telpas (vai citas būvvides) punktā.

**Kāda nozīme ir skaņas difuzitātei un kā to nodrošināt?**

Difuzitāte, kas izsaka skaņas sadalījuma vienmērību gan tilpumā, gan pa virzieniem, ir kļuvusi par vienu no galvenajiem būvakustikas parametriem, nereti «konkurējot» ar reverberāciju. Līdzīgi kā reverberācijas aprēķinam nepieciešams zināt materiālu skaņas absorbcijas īpašības, tā difuzitātes noteikšanai jānosaka atbilstošie koeficienti. Difūzās īpašības piemīt daudzām konstrukcijām, taču jāatceras, ka detaļas mazākas par 10 cm ir nebūtiskas, bet lielās plaknes (virs 3–4 m) nenodrošina izkliedi.

Zināma konfrontācija iespējama, salīdzinot septiņdesmito gadu «plakņu arhitektūru» ar, piemēram, 19. gs. operētra zāli – cik viena ģeometriski dalīta, tik otra bagāta ar dažādu dimensiju elementiem – balkoniem, kolonnām, ložām, margu apmalēm. Iznākumā skaņas difuzitāte atšķiras visai būtiski, izraisot jautājumu par iz-

kliedes iespējām 70.–80. gados projektētajās zālēs vispār. Izeja meklējama lielo plakņu sīkākā dalījumā, izliektu elementu lietojumā un akustiski dažādu materiālu kombinācijās. Jāatceras, ka izkliedētājiem jābūt dažādu dimensiju elementiem ar garbītu diapazonu 0,2–2 m. Nedaudzas ražotājfirmas pasaulē piedāvā arī gatavus izkliedētājavairogus (difuzorus), kas vairāk gan piemēroti nelielām telpām.

**Vai augsta skaņas izolācija vienmēr saistīta ar lielu konstrukcijas masu?**

Lielā būvelementa masa parasti tiešām nodrošina augstu skaņas izolāciju, taču tā nekādā gadījumā nav vienīgā risinājuma iespēja. Šo īpatnību izskaidro t. s. Bergera likums – katram frekvences vai konstrukcijas masas dubultojumam atbilst skaņas izolācijas pieaugums par 6 dB (un tikai!). Mūsdienās iespējams radīt daudzkārtu plānsienu sistēmas – gan sienām, logiem un pārsegumiem, kuru skaņas izolācija pie 70–100 kg/kv. m ir augstāka nekā 250–300 kg/kv. m smagām monolitām konstrukcijām.

Veidojot šādas vieglas sistēmas, jāievēro dažas īpatnības:

– izmantotajām loksnēm jeb plātnēm ieteicams dažāds biežums vai atšķirīgi materiāli;

– šķirkārta noteikti aizpildāma ar skaņu absorbējošu materiālu. Pārsegumos



FOTO: V. ZILBERTS



**Sv. Pētera baznīca Rīgā – augstu novietotās velnes lieliski izkļiedē skaņu.**



**Pilnīgi datorizēta apbūves trokšņa karte.**

šim aizpildījumam jā saglabā elastīgums arī zem ekspluatācijas slodzes;

– cieto slāņu saistei jābūt minimālai, lai konstrukcija nepārvērstos par «akustiski viendabīgu».

Daudzslāņu vieglo konstrukciju vienīgais trūkums ir relatīvi neliela skaņas izolācija (20–30 dB) pie 63–125 Hz, kas tiek kompensēta ar 50–70 dB pārējā diapazonā.



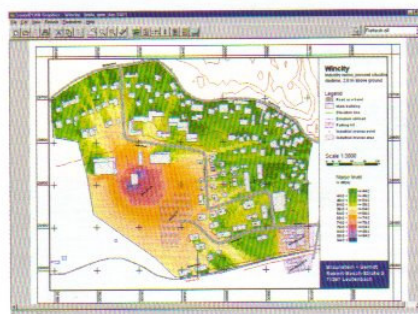
**Kādas ir «akustisko materiālu» iespējas, kur tie lietojami un kur nē?**

**P**areizi būtu runāt par skaņu slāpējošiem vai absorbējošiem materiāliem, jo «akustiski» zināmā mērā ir visi. Jebkura veida absorbents transformē skaņas enerģiju siltumenerģijā, taču process katrā materiālu struktūrā ir citāds. Porainajos un pavedienstruktūru slāpētājos (akmensvatē, vieglbetonos) tas notiek berzes rezultātā, membrānveida (apšuvumos un paneļos) – pateicoties šķirkārtas aizpildījuma pretestībai – ātrai spiedei un panela pretestībai – ātrai liecei. Vēl citādi absorbē Helmholca rezonatori jeb jau minētie grieķu rezonatori, kuros mijiedarbojas telpas pamattilpums un rezonatora tilpums un absorbcija atkarīga no to svārstību stāvokļa fāzē vai pretfāzē.

90% no praksē Latvijā lietotajiem absorbentiem ir akmensvates vai minerālsvates izcelsmes, kas nosaka to augsto efektivitāti 500–4000 Hz diapazonā. Jāatzīst,

ka šie materiāli nav optimāli «basu» slāpēšanai, jo tad nepieciešams vai nu 100 mm biezums, vai montāža ar 200–400 mm šķirkārtu.

Absorbentu lietojums vienmēr izmaina telpas akustiskās īpašības, saīsinot reverberācijas laiku un pazeminot skaņas līmeni tajā. Trokšņa slāpēšana ar absorbentu palīdzību visefektīvākā ir neapdarinātās telpās, jo katrs slāpējošo materiālu daudzuma divkārtējums pazemina troksni aptuveni par 3 dB. Profesionāli



projektējot skatītāju zāles, speciālo absorbentu lietojums zināmā mērā uzskatāms par «sliktu toni», jo visbiežāk liecina par autora nepareizi izvēlētu telpas tilpumu. Atšķirīga situācija veidojas rekonstruējamās vai elektroakustiski apskanojamās telpās, kur absorbentu lietojums ir objektīva nepieciešamība.

Pilnīgi nepamatota ir absorbentu apšuvumu lietošana skaņas izolācijas uzlabošanai.



**Kā veidojami prettrokšņa ekrāni gar maģistrālēm un citiem trokšņa avotiem?**

**P**rettrokšņa ekrāni ir absolūta mūsdienu realitāte, kas ne tikai aptver Eiropas autostrādes, bet ienākusi arī Rīgas Krasta ielas apbūvē. Šim būvēm kā pilsēt būvnieciskam solim pretī kļūstam praktiski nav akustiskas alternatīvas, jo zaļo stādījumu joslas blīvas apbūves un īsas veģetācijas apstākļos nav efektīvas.

Jebkurš ekrāns – valnis, siena vai nogāze – pirmām kārtām ir šķērslis tiešās skaņas ceļā no trokšņa avota uz aizsargājamo objektu un tam jābūt ar pietiekamu skaņas izolāciju.

Ekrāna efektivitāte atkarīga no tā, cik dziļi «akustiskajā ēnā» atrodas objekts, t. i., par cik atšķiras tiešās un ap malām difrāģētās skaņas ceļi tajā. Reālās situāci-

jās trokšņa samazināšanās sākas ar 5 dBA, kas atbilst vizūras līnijai no trokšņa avota gar ekrāna malu uz objektu, un beidzas ar 15–20 dBA vērtību. Projektēšanas praksē ekrānu optimizāciju parasti veic, izmantojot visas apkārtējās apbūves datormodelēšanu.

Prettrokšņa risinājumā nav pieļaujama vaļēju ailu, caurumu un spraugu klātbūtne, kas stipri pazemina aprēķina efektivitāti. Pret skaņas avotu vērstajai ekrāna pusei ieteicams absorbenta iesegums, lai nenotiktu trokšņa papildu atstarošanās pretējā virzienā.

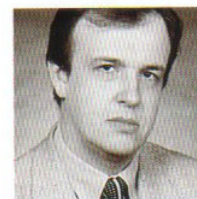
Industriālu ekrānu ražošanā specializējas daudzas pasaules firmas, taču augstākais estētiskās kvalitātes uzrāda individuālie projekti.



**Kādu risinājumu iespējas piedāvā Latvijas akustikā?**

**K**opš 1999. gada sākuma vairums ar praktiskās akustikas nozarēm saistīto speciālistu apvienojušies Latvijas akustiku apvienībā (Rīgā, Kurzemes prosp. 3, tālr. 2417212), kas tādējādi uzskatāma par pirmo šāda veida struktūru Latvijas vēsturē. Apvienība piedāvā gan dažādas konsultācijas un mērījumus, gan slēdzienus, atzinumus un risinājumus par plašu problēmu loku no elektroakustiskās apskanošanas līdz trokšņa kontrolei visdažādākajās vides situācijās.

Latvijas skaitliski nedaudzie akustikas speciālisti ar mūsdienīgas aparatūras, laboratoriju un datoru nodrošinājuma palīdzību spēj veiksmīgi konkurēt ar ārvalstu kompānijām, nereti nodrošinot augstāku kvalitāti pie ievērojami zemākām cenām. ▲



**ANDRIS ZABRAUSKIS**

Dzimis 1961. gadā Rīgā, būvakustikā. Beidzis RPI (1984. g.). Strādājis institūtā «Pilsētprojekts» (1984–1994) kā būvakus-

tikas grupas vadītājs un galvenais speciālists akustikā. Papildinājis Ukrainas un Igaunijas augstskolās un zinātniskajos institūtos (1985–1990). Kopš 1994. g. RTU pr., docents, zinātnu maģistrs būvakustikā. Latvijas akustiku apvienības priekšsēdētājs (kopš 1998.).

Vairāk nekā 20 publikāciju autors, izstrādājis aptuveni 200 akustikas projektu un risinājumu Latvijā, Lietuvā un Igaunijā, t. sk. Latvijas Nacionālajai operai, Lietuvas operas un baleta teātrim, Lietuvas Radio un televīzijas kompleksam, Viļņas Kongresu namam, Ventspils brīvdabas koncertzālei u. c.