

Akustikas problēmas un to risinājumi atvērta tipa birojos

Edgars Kirilovs, Riga Technical University

Kopsavilkums. Akustiskā vide birojā apvieno visas skaņas, kas parādās dienas laikā. Dažas no šīm skaņām var būt patīkamas, kā mūzika, vai tāda, kas satur svarīgu informāciju, tomēr, ja skaņas nav vēlamas, tās tiek uzskatītas par troksni, kas ir nepatīkams, traucējošs, kaitinošs vai psiholoģiski kaitīgs. Kad troksnis kļūst par problēmu, vairums cilvēku mēģina no tā norobežoties aizverot durvis, diemžēl atvērto tipu birojos nav pilnu izmēru sienas un durvju, lai bloķētu troksni. Vairums biroja skaņu ir dzirdamas lielā attālumā. Visas biroja skaņas, kas izplatās dažādos virzienos no to rašanās avotiem spēj sadalīties, absorbēties un pārvietoties, kad tās saskaras ar kādu virsmu. Atvērta tipa birosos vislabāk runas privātumu var panākt apvienojot kvantitatīvos projektēšanas paņēmienus un atbilstošus skaņas mērījumus. Iepriekš tas netika veikts, jo nebija piemēroti projektēšanas un mērījumu veikšanas instrumenti. Šajā rakstā ir aprakstītas runas privātuma mērījumu attiecības, kā arī apskatīts kā šie mērījumi ir saistīti ar atvērta tipa biroju darba vietu ģeometriskajām un akustiskajām īpašībām

Atslēgas vārdi: skaņa, skaņa birojā, skaņas mērījumi, biroja tipi

SARUNAS PRIVĀTUMS BIROJĀ

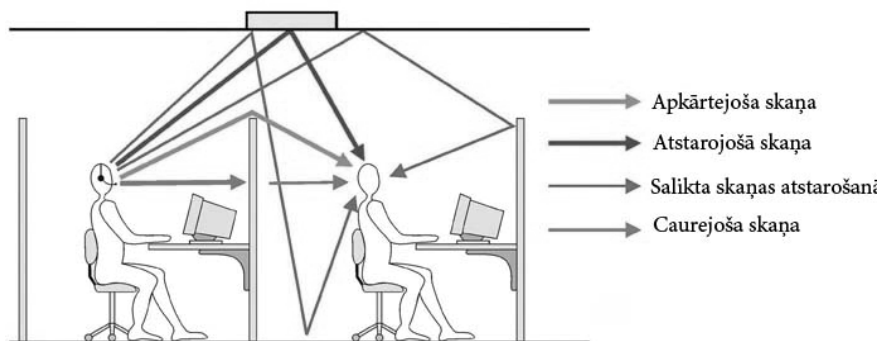
Lai saprastu, kas ir un kas nav laba atvērta biroja akustika ir svarīgi zināt starpību starp „dzirdēt” un „saprast”. Apslēptas skaņas no blakus darba vietas parasti nav tik traucējošas, ja tās nevar saprast. Ja sarunas nav saprotamas, tad ir akceptējams arī slepenības runas līmenis. Ļoti svarīgas ir vienkārši apkārtējās skaņas. Birojā cilvēki un biroja aprīkojums ir skaņas avoti. Cilvēks ir arī skaņas uztvērējs. Ir trīs skaņas ceļošanas veidi: 1) tiešais ceļš, kas ir taisna līnija no skaņas avota līdz saņēmējam; 2) atstarojošais ceļš, kas parādās, kad skaņa atduras pret dažādām virsmām; 3) apkārtējošais ceļš, kad skaņas pārvietojas virs un apkārt dažādiem šķēršļiem. Lai kontrolētu skaņas atvērta tipa birojā ir jāizprot visi trīs skaņas ceļi. (1.att.) [1]Vispārējie noteikumi

SKAŅAS BLOĶĒŠANA

Lai apturētu tiešo skaņas ceļu mēs veidojam barjeras, kas aptur skaņas. STC (Sound Transmission Class), skaņas caurejamības klase, nosaku līmeni, kādā skaņa tiek aizturēta izejojot cauri materiālam. Materiāls, kura STC ir 21, aizkavēs skaņas izešanu cauri materiālam par 21dB. Visaugstākais skaņas samazinājums, kāds ir sagaidāms starp darba vietām ir 21dB, jo skaņa pārvietosies arī pāri un gar sienas malām. Ja STC ir vairāk kā 21, būtisku ieguvumu tas nedos.

SKAŅAS ABSORBĒŠANA

Skaņas absorbēšanas paneļi veic nevis skaņas atstarošanu, bet absorbēšanu. Skaņas absorbēšana attiecas arī uz enerģijas konversiju. Skaņa ir enerģijas forma un enerģiju nav iespējams zaudēt, tā var tikt izkliedēta sadaloties garajā distancē, vai arī tā var tikt pārvērsta citā enerģijas veidā. Akustiskie paneļi pārveido skaņas enerģiju mehāniskā enerģijā. Skaņas viļņi ietekmē materiālu un materiāls atbild ar vibrāciju.(2.att. un 3.att.) Šīs vibrācijas tad sadalās kā mazos siltuma apjomos. Materiāla spēja pārvērst skaņas enerģiju mehāniskā enerģijā tiek mērīts ar NRC (Noise Reduction Coefficient) - skaņas redukcijas koeficients. NRC 70 nozīmē, ka tas absorbē 70% no skaņas, kas to sasniedz. Materiāla spēja absorbēt skaņu nozīmē tā akustisko spēju. Efektīvākā skaņas samazināšana birojā ir sasniedzama, ja tiek absorbētas augstākās frekvences skaņas, kas parasti ir cilvēka runa. NRC ir vidējais lielums materiāla skaņas absorbēšanai frekvencēs pie 250 -2000Hz. Hz cils sekundē CPS un frekvence attiecas uz fluktuāciju skaitu sekundē beigu skaņas augstumu. Mūsu ausis dzird dažādas frekvences un visjūtīgākās tās ir pret cilvēka runu. Augstās frekvences cilvēka runa(1000Hz- 3000Hz) ir tā, kas nodrošina runas saprotamību. Šīs frekvences ir jāapsver visvairāk atvērta tipa birojā (vai tās ir vēlamas, vai nē).



1.att. Skaņas izplatīšanas principi [1]



2.att. Laminētas kokskaidu plātnes skaņas absorbcija



3.att. Aplīmētas kokskaidu plātnes ar 5mm putuplastu skaņas absorbcija

Lai novērtētu NRC atvērta tipa biroja akustikā ir svarīgi, lai augstāks absorbcijas koeficients ir pie augstākām frekvencēm. Divi dažādi materiāli var saturēt vienādu NRC, bet tas, kurš vairāk absorbē augstas runas frekvences ir piemērotāks skaņas regulācijai atvērta tipa birojos. Atstarojošās zemas frekvences skaņas var būt kā priekšrocība, ja tā veido apkārtējo vai fona maskējošo skaņu.(4.att.)



4.att.. Atstarojošās skaņas absorbcija [3]

Pirmkārt nepieciešams radīt fona skaņu, kas ir pietiekoši augsta, lai maskētu trokšņus un pietiekoši zema, lai būtu komfortabla. Skaņas līmenim kopumā ir jābūt ne pārāk augstiem vai pārāk zemiem, jo pārblīvētas telpas ir traucējošas un nogurdinošas, kamēr pārāk klusas telpas neļauj saglabāt runas privātumu. Tā kā atvērta tipa biroji ir paredzēti aktīvai izmantošanai, klusa vide nav opcija. Tipiskākais risinājums akustikas problēmām ir izmantot vienu no skaņas kontroles veidiem. Efektīvai skaņas maskēšanai ir sekojošas īpašības: 1)

tā ir vienāda visā birojā, nav ne „ karsto” punktu, ne tukšo punktu; 2) tai ir korekts skaļums- skaļāk par to, ko Jūs nevēlēties dzirdēt, bet ne tik skaļi, lai traucētu (cilvēks nedrīkst justies tā, ka tam ir jāpārspēj fona skaņa); 3) tai skaņai ir jābūt pareizās tonalitātēs- „omm” nevis „iss”; 4) tā nav pamanāma, kad ir ieslēgta, bet trūkst, kad ir izslēgta.[3]

SKAŅAS MĒRĪJUMI BIROJĀ

Atvērta tipa birojos akustiskā kvalitāte vislabāk saistās ar trokšņu signāla veida mērījumu, kas tiek saukts par Artikulācijas indeksu(AI), jo galvenais projektēšanas mērķis ir samazināt saprotamību un traucējošas runas skaņas no tuvākajām darba vietām. Atvērta tipa birojos balss augstums izklausās zemāks nekā parasti, apkārtējais trokšnis spēj ļoti vienkārši nomaskēt nevēlamas sarunu skaņas, tomēr tas ir jāierobežo tādā līmenī, lai tas netraucētu biroja darbiniekus. Ja apkārtējās skaņas līmeņi ir pārāk zemi, tad trokšņu signāla attiecība būs pārāk liela un runas privātumam nepiemērota. No otras puses, ja apkārtējais skaņas līmenis ir pārāk augsts, tad iespējams augsts sarunu privātums, tomēr šis skaņas darbiniekiem traucēs un viņiem radīsies vēlme runāt daudz skaļāk.

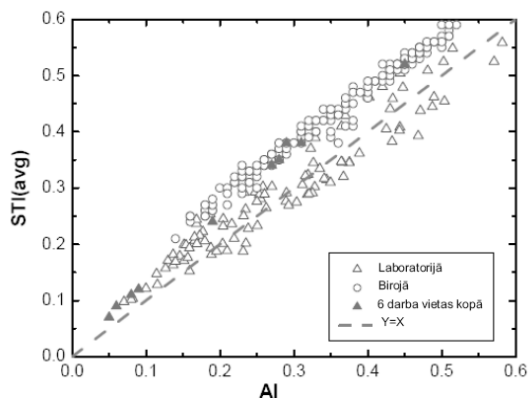
Iepriekš veiktos pētījumos atklājas optimālais apkārtējā trokšņa līmenis - 45 decibili un Artikulācijas indekss(AI) <0,15, lai nodrošinātu vēlamu sarunu privātumu. Divi svarīgākie uzdevumi, lai sasniegtu šo mērķi, ir projektēšanā izmantot skaņu absorbējošus griestus un atbilstoša augstuma darbavietu atdalošos paneļus. Griestiem SAA jābūt >0,90, bet atdalošajiem paneļiem vismaz 1,7 m augstiem. Šiem atdalošajiem paneļiem, kā arī citām lielām virsmām vajadzētu būt ar skaņu absorbējošām īpašībām. Vēlamais sarunu privātuma līmenis var tikt sasniegts tikai tādā gadījumā, ja projektēšanas procesā tiek ievērotas visas rekomendācijas.

Kaut arī līdzīgas projektēšanas rekomendācijas ir bijušas pieejamas jau vairākus gadus, tomēr projekti reti tiek veidoti izmantojot kvantitatīvo paņēmienu, kas ietver specifiskus kritērijus, un vēl retāk šie projekti ir tikuši pārbaudīti ar noslogojuma mērījumiem. Kvantitatīvā pieeja norādītu projekta panākumu un neveiksmju apmēru, kā arī radītu labāku izpratni par dažādu parametru ietekmi uz sarunu privātuma rašanos

SIGNĀLA-TROKŠŅA ATTIECĪBAS

Kaut arī AI ir iekļauts dažādos ASTM atvērta biroju tipa mērījumu standartos, ANSI standartā definējot AI tas ticis pārskatīts un jaunais mērījums ir nosaukts par Runas saprotamības rādītāju(SII). Tiek attēlota SII vērtība salīdzinājumā ar attiecīgo AI vērtību. Abas vērtības nosaka ņemot vērā mērījumus starp blakus esošām darba vietām nosakot sarunu skaņas līmeni un apkārtējā trokšņa līmeni. SII vērtība parasti ir par 0,06 lielāka par AI vērtību, izņemot gadījumus, kad vērtības

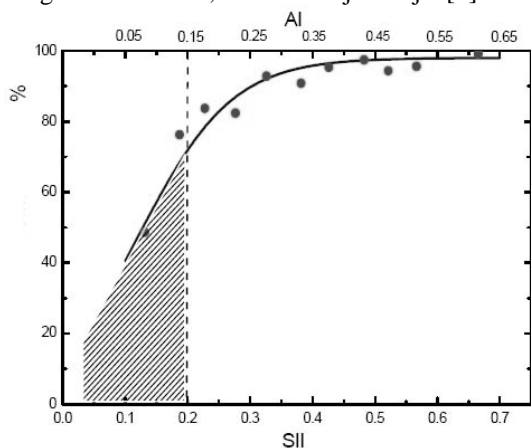
ir ļoti zemas un abas ir ļoti tuvu nullei. Lai arī dažos gadījumos SII ir pilnvērtīgāk izmantojams kā AI, tomēr nav pilnībā noteikts, ka SII ir labāks rādītājs, lai novērtētu sarunu privātumu atvērta tipa birojos.[1]



5.att. Vidējās runas saprotamība [7]

Runas pārraides indekss (STI) pamatos ir līdzīgs, bet atšķirīgs ir tas, ka šis indekss iekļauj arī sarunu atbalsi, kas arī ir biroja trokšņa sastāvdaļa. Pie nosacījuma, ka telpā pilnībā nav akustika, STI vērtības būs vienādas ar AI vērtībām, bet ja telpā ir ievērojama skaņas atbalss, tad STI vērtības sistemātiski samazinātos salīdzinot ar attiecīgajām AI vērtībām, kas norādītu uz runas saprotamības samazināšanos. Parasti samazināta runas saprotamība tiek uzskatīta par priekšnoteikumu sarunu privātuma paaugstināšanai. Tomēr nav pilnībā pierādīts, ka biroja telpā saprotamība, kas samazināta radot runas skaņu atbalsi, radītu darbiniekiem lielāku apmierinātību ar sarunu privātumu.

4. attēlā parādīti STI vērtību mērījumi attiecībā pret AI vērtībām, kas veikti blakus esošās darba vietās, divās dažādās vidēs – laboratorijā, kurā nav akustikas un nelielā atvērta tipa birojā. Nevienā no mērījumu izdarīšanas vietām nebija nozīmīga runas atbalss, taču nelielajā birojā [2]



6.att. STI vērtību mērījumi attiecībā pret AI vērtībām [2]

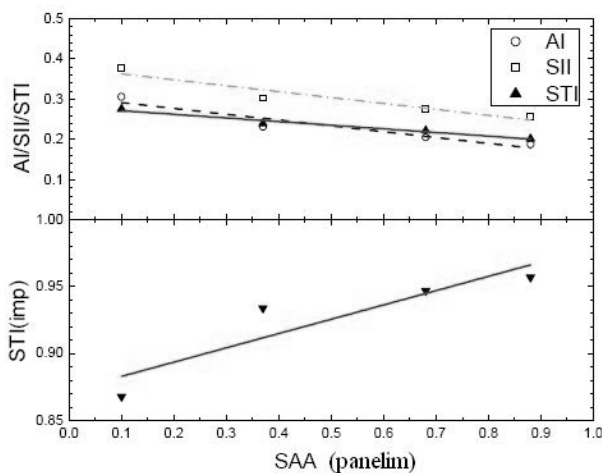
SKAŅAS TROKŠŅA ATTIECĪBAS IZKLĀSTS

Klausīšanās pārbaude noteica testa teikuma saprotamību, kas tika pārraidīts no blakus darba vietas. 5. attēls parāda vidējo runas saprotamības rādītāju attiecībā pret SII un AI vērtībām, kas attēlotas ar intervālu 0,05. Ieēnotajā zonā tiek norādīti vēlamie apstākļi, kad $AI < 0,15$ ($SII \sim \leq 0,20$). Šajā

attēlā ir redzami punkti, kuri attēlo attiecību starp sarunu privātumu, kas palielināts ar projektēšanas palīdzību (t.i. samazinātas AI un SII vērtības) un situāciju, kad nekas netiek veikts, lai uzlabotu sarunu privātumu. Kaut arī būtu vēlams vēl palielināt sarunu privātumu, tomēr praktiski nav iespējams panākt vēl zemākas AI / SII vērtības starp blakus darba vietām atvērta tipa birojos.

BIROJA DIZAINA PARAMETRU IETEKME

Šajā sadaļā tiks aplūkotas galveno atvērta tipa biroju dizaina parametru sistemātiskās izmaiņas mērījumu rezultātos. Šie parametri jau tika analizēti iepriekš – AI un SII mērījumu vērtības. Jauno mērījumu analīze tika veikta laikā, kad sākotnējie mērījumi ļāva attēlot arī parametru izmaiņu ietekmi uz STI vērtībām. Kaut arī pilnībā veikts STII mērījums ietver sarunu skaņas, kā arī sarunu un trokšņu līmeņus, tomēr ir iespējams noteikt kāda ir ietekme katrai no šīm skaņām atsevišķi. Lai to paveiktu, STI vērtības sākotnēji tika aprēķinātas no mērījumiem, kas veikti pie nosacījuma, ka telpā nav ievērojams trokšņa līmenis. Tāpēc, ka mērījumi tika veikti starp divām darba vietām, kur nav vērojama nekāda akustika, skaņas enerģijas summa ir samērā neliela un daļa STI vērtības no mērījumiem, kas iegūti bez runas un skaņu ietekmes (turpmāk tekstā STI(imp)), ir ļoti augstas (parasti 0,90 – 0,98). Vietās, kur ir ievērojama akustika, šīs STI(imp) vērtības varētu būt daudz zemākas.

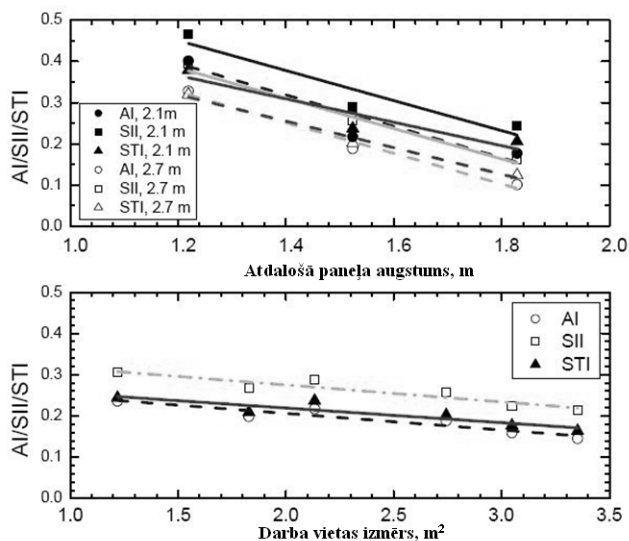


7.att. Darba vietu norobežojošo paneļu akaņas absorbcija [2]

7. attēlā parādīta darba vietu norobežojošo paneļu absorbcijas ietekme. Palielinoties norobežojošo paneļu absorbcijai, samazinās AI, SII un STI vērtības, kā rezultātā uzlabojas sarunu privātums. Attēla apakšējais grafiks parāda, ka, palielinoties paneļu skaņas absorbcijai, pieaug STI(imp) vērtības. Kaut gan līdz ar to varētu noprast, ka samazināsies privātums, tomēr lielāku ietekmi rada STI vērtības, kuras, kā redzams attēla augšējā grafikā, samazinās, tādējādi palielinot sarunu privātumu. Izmantojot STI mērījumus iespējams nodrošināt pilnīgāku izpratni par mērījumu veikšanas nosacījumiem, tomēr iegūtos rezultātus nepieciešams interpretēt ļoti rūpīgi. [2]

Darba vietu telpas izmēra un norobežojošo paneļu ietekme uz akustiku, pie nosacījuma, ka griestu absorbcija ir nemainīga, ir attēlota 8. attēlā. Kā redzams attēla apakšējā

grafikā, palielinot darba vietas telpas izmēru (t.i. katru no darba vietas sienām), samazinās AI, SII, un STI vērtības. Savukārt, augšējais attēla grafiks parāda, ka AI, SII, STI vērtības būtiskāk ietekmē norobežojošo paneļu augstuma izmaiņas. Palielinoties paneļa augstumam samazinās skaņas līmenis, kas rodas no blakus esošās darba vietas un tādējādi tiek samazinātas AI, SII un STI vērtības, kā rezultātā birojā uzlabojas sarunu privātums. [2]



8.att.Darba vietas un atdalošā paneļa izmēra ietekme uz akustiku [7]

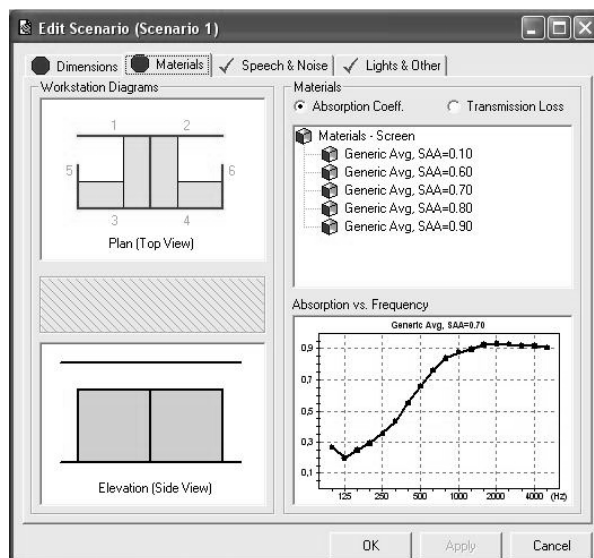
JAUNIE „INSTRUMENTI”

Lai atvērta tipa ofisu projektēšanu padarītu vienkāršāku un pieejamāku, ir radīta viegli lietojama datorprogramma – COPE-Calc, kas ir pieejama bez maksas. Šī programma ir pārbaudīta arī jau eksistējošos birojos un visi veiktie skaņas mērījumi starp darba vietām pilnībā atbilst programmas aprēķiniem.[6]

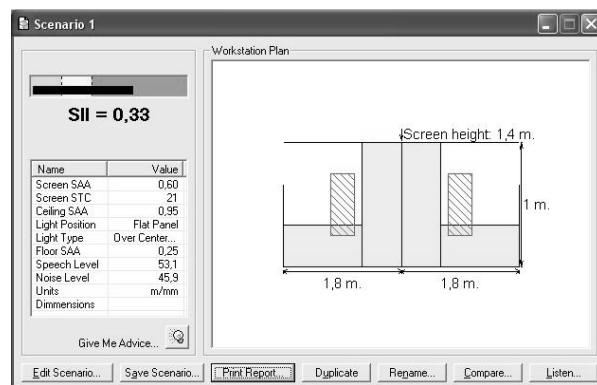
Cits instruments, kas ir radīts, lai uzlabotu akustiku atvērta tipa birojos ir privātuma mērījumu nozīme, lai pārbaudītu cik veiksmīgi veidots biroja dizains. Ar šī „instrumenta” palīdzību iespējams veikt mērījumus starp dažādiem punktiem atvērta tipa birojā izmantojot impulsa atbildes tehniku. Tas ļauj noteikt AI, STI un SII vērtības un mērījumus iespējams veikt arī darba laikā, kad ofisā ir darbinieki. (9. un 10. att.)

Tā iemesla dēļ, ka mērījumus tagad iespējams veikt daudz ātrāk, lai sapratu skaņas izplatīšanos atvērta tipa ofisos, ir iespējams izmantot tādu pētījumus kā AI vērtību attēlojums, kas parādīts 8. attēlā. Šajā attēlā atspoguļotas AI vērtības izmantojot 0,05 intervālu divās atsevišķās darba vietās, kā arī divu blakus esošās darba vietās pie nosacījuma, ka izejas pozīcija saglabāta nemainīga. Šādi precīzi izstrādāti rezultāti ļauj labāk izprast kā birojā izplatās skaņa, kā arī šos rezultātus

iespējams izmantot, lai izstrādātu ieteikumus mērījumu veikšanai.[2]



9.att. Darbavietas parametru ievadīšana programā [6]



10.att. Programmas COPE-calc iegūtais rezultāts [6]

Šis darbs izstrādāts ar Eiropas Sociālā fonda atbalstu projektā «Atbalsts RTU doktora studiju īstenošanai».

LITERATŪRAS SARAKSTS

1. K.E. Charles, A.J.Danforth, J.A. Veitch, „Workstation Design for Organizational Productivity”2004, 13- 21lpp.
2. J.Bradley, „Designing and assessing speech privacy in open-plan offices”, 2007, 1- 5lpp.
3. Open plan Office Acoustics/ internets- www.smg-crop.com
4. Achieving Effective Office Acoustics/ internets- www.fmlink.com
5. Quiet office environment / internets- http://www.logison.com/App_Media/File/CC_AQOEI_Optimized.pdf
6. COPE software/ internets- <http://www.nrc-cnrc.gc.ca/eng/projects/irc/cope/software.html>
7. Louis D.Braida, Joseph Desloge, Raymond Goldsworthy, “ Hearing Aid Research”, National Institutes of Health Grants, 2005

Edgars Kirilovs. MSc.ing., doctoral student
Riga Technical university, Institute of Textile Materials Technologies and Design.
Address: Azenes street 14/24, LV 1048 Riga, Latvia

Edgars Kirilovs. Acoustics problems and solutions in an open-office

The control of surrounding sound is only one part to make decent acoustics and privacy of speech that is a very actual issue in newly built, modern, open type office buildings where one of the largest workers' dissatisfaction is created exactly due to the surrounding sounds. Obstructive sounds are speech, printer, typing, call of telephone that asks for control, because such sounds diminish the concentration of the employee's that gives a negative effect on employee's working efficiency. The source of the sound can be isolated or decreased, travelling sounds can be absorbed and blocked with good office layout and used materials so that the sound is not travelling from one working place to another. The best way of sound control is by office design. So that it would be easier to make a working space with higher level of privacy there is created small, free of charge computer program where one can model the height of the walls, material used, work space layout and analyze the results. In open plan offices, it is possible to improve the speech privacy by using different quantitative measurements and watching the results of them. If we better understand the importance of very effective acoustical environment, we see that an environment contributory to speech privacy, concentration and productivity can only be made through the balanced use of the methods of noise control that were described in the article: reducing noise at the source, blocking noise travelling, absorbing noise, and masking the noise. Author has looked also at speech privacy measurement correlation, and also there are showed these measurements according to open type office geometrical and acoustical qualities.

Эдгар Кирилов. Проблемы акустики и их решения в офисах открытого типа.

Контроль окружающего шума является только частью для того, чтобы создать удовлетворительные акустические условия и конфиденциальность речи, что является очень актуальным вопросом в новых современных офисах открытого типа, где одно из главных недовольств работников являются шумы в непосредственной близости и отдалённые шумы. Мешающие звуки, как разговоры, шум принтера, печатание, звонок телефона, тоже требуют контроля. Источники шумов могут быть уменьшены и изолированы, блуждающие звуки могут поглощаться и блокироваться при помощи хорошей планировки и дизайна офиса и использованных материалов, чтобы, к примеру, шум разговора не переходил от одного рабочего места к другому. Дизайн офиса является лучшим средством, чтобы контролировать шум. Чтобы было проще создать рабочее место в офисе с высокой степенью конфиденциальности, создана небольшая бесплатная компьютерная программа, в которой можно моделировать высоту перегородок между рабочими местами, использованный материал, расположение рабочих мест, а также проанализировать полученные результаты. В офисах открытого типа, используя количественные приёмы проектирования и следуя соответствующим измерениям звука, можно способствовать конфиденциальности разговора. При более глубоком рассмотрении значимости эффективной акустической среды, видно, что конфиденциальность речи, способность концентрироваться и среда способствующая продуктивности может быть достигнута только при помощи сбалансированных методов контроля шума, что подробнее описывается в статье - уменьшить звук от источника звука, блокировка блуждающих звуков, поглощать и маскировать звук. Рассмотрены соотношения измерений конфиденциальности речи, а также, рассмотрено, как эти измерения связаны с геометрическими и акустическими свойствами офисов открытого типа.