

EFFECT OF A RESONANT SUSPENDED CEILING ON THE ACOUSTIC PROPERTIES OF A HALL

V. Stauskis

To cite this article: V. Stauskis (1996) EFFECT OF A RESONANT SUSPENDED CEILING ON THE ACOUSTIC PROPERTIES OF A HALL, *Statyba*, 2:7, 64-69, DOI: [10.1080/13921525.1996.10531658](https://doi.org/10.1080/13921525.1996.10531658)

To link to this article: <https://doi.org/10.1080/13921525.1996.10531658>



Published online: 26 Jul 2012.



Submit your article to this journal [↗](#)



Article views: 43

REZONANSINIŲ KABAMŪJŲ LUBŲ ĮTAKA SALĖS AKUSTINIAMS RODIKLIAMS

V. Stauskis

1. Įvadas

Formuojant salės akustinius rodiklius labai svarbios yra šoninės sienos ir kabamosios lubos, jų konfigūracija ir jų medžiagų garso absorbcija. Pastaroji tiesiogiai formuoja salės reverberacijos laiką, t.y. vieną iš pagrindinių objektyvių akustinių rodiklių. Kabamosios lubos įvairios paskirties salėse gali būti įrengiamos iš lygių stačiakampių plokštumų, tarp kurių yra įvairaus pločio plyšiai. Tokios lubos gali būti įvairiu atstumu nuo standaus paviršiaus.

Plyšiai tarp plokštumų suformuoja rezonansinę sistemą, kurios garso absorbcija priklausys nuo dažnio, t.y. nuo garso bangos ilgio ir pačių rezonatorių geometrinių charakteristikų. Kada garso bangos ilgis apytikriai bus lygus plyšio pločiui, rezonatoriai tarp savęs sąveikaus ir tai atsilieps jų garso absorbcijai. Teoriškai pavienių ir sąveikaujančių rezonatorių akustiniai rodikliai buvo išnagrinėti darbuose [1, 2, 3]. Tačiau tokios sudėtingos akustinės sistemos teoriniai skaičiavimai visada duoda paklaidų, nes visada yra daromos prielaidos, palengvinančios uždavinio sprendimą. Todėl rezonansinių kabamųjų lubų įtaką salės akustikai reikia patikrinti eksperimentais. Tokia iš principo nauja rezonansinė sistema, kurią sudaro didelio pločio plyšiai tarp lygių plokštumų, eksperimentiškai tirta dar nebuvo.

Darbo tikslas - eksperimentais nustatyti rezonansinių kabamųjų lubų geometrinių parametrų įtaką realios salės pagrindiniams akustiniams rodikliams.

2. Realios salės ir jos modelio panašumo sąlygos

Nustatyti kabamųjų rezonansinių lubų įtaką akustiniams rodikliams, keičiantis jų geometriniams ir akustiniams parametrų natūraliomis sąlygomis nėra jokios galimybės. Tai galima padaryti tik naudojant salės akustinį modelį.

Tokiems tyrimams reikia tinkamai pasirinkti salės modelio mastelį ir jo paviršių medžiagas. Pasirenkant modelio mastelį [4] reikia atsižvelgti į jo

geometrinius matmenis, dažnių diapazoną ir aparatūros galimybes. Jeigu modelis panašus į originalą ir jis atliktas linijiniame mastelyje n_1 , tai laikantis atitinkamų pradinių ir kraštinių sąlygų, modelio oro tūryje galime laukti akustinių procesų panašumo salei - originalui. Šių procesų laiko mastelis n_t lygus linijiniam masteliui n_l . Iš sąlygos $n_t = n_l$ matyti, kad modelyje panašumas bus esant dažniams $f_M = f_0 n^{-1}$. Tyrimams pasirinkta Lietuvos radijo ir televizijos didžiosios simfoninio orkestro įrašų studijos salė. Jos matmenys $34 \times 22 \times 12,7$ m. Tokiai didelei salei modelio mastelis pasirinktas 1:25. Tokiu atveju gausime, kad modelio ir originalo dažniai turi patenkinti sąlygą $f_M = f_0 m^{-1}$, t.y. dažniai modelyje turi būti 25 kartus didesni negu originale. Tirtant akustinius procesus salėse natūroje imamas dažnių diapazonas 100-4000 Hz. Esant modelio masteliui 1:25, jo dažnių juosta jau bus 2500-100 000 Hz, t.y. sieks ultragarso sritį.

Norint tyrimais gauti absoliučius akustinius rodiklius labai svarbu parinkti modelio medžiagas. Pagal savo garso absorbciją jos turi būti identiškos originalo medžiagoms. Modelyje visos sienų ir grindų plokštumos padarytos iš tekstolito. Jo absorbcijos koeficientas esant 10 kHz yra lygus 0,15. Originalui artima medžiaga būtų iš medvilninio audinio prie pat sienos. Kabamosios lubos pagamintos iš 0,6 cm storo faneros, kuri visu kontūru buvo lakuojama tris kartus. Taigi ir jos absorbcijos koeficientai bus artimi tekstolito medžiagos. Orkestro pakyla buvo padengta 5-6 mm storio flanele, kurios absorbcijos koeficientas yra apie 0,5-0,6.

Esant aukštiesiems dažniams yra labai didelė garso absorbcija ore, kurią daugiausia sąlygoja du komponentai: molekulinė garso absorbcija dėl relaksacinių procesų ir priklausanti nuo to, kiek ore yra deguonies ir vandens garų, bei absorbcija dėl klampumo ir šilumos laidumo. Norint išvengti tokios absorbcijos reikėtų daryti hermetinį modelį ir jį užpildyti azoto dujomis.

Mūsų tyrimo atveju garso absorbcija ore ir naudotų medžiagų akustinės charakteristikos yra visai nesvarbios, nes visi tyrimo rezultatai yra santykiniai.

3. Eksperimento atlikimo sąlygos

Akustinių signalų įrašymui salės modelyje buvo naudojama speciali struktūrinė schema. Ji susideda iš garso šaltinio, mikrofono, mikrofono stiprintuvo ir analoginio kodo keitiklio.

Garso šaltiniu buvo naudojamas kibirkštinis impulsas, kurį suformuodavo specialus mūsų pagamintas kibirkštinis generatorius su iš anksto nustatytais reikiamais techniniais parametrais. Jo pagrindinės akustinės charakteristikos yra impulso forma, jo trukmė, spektras ir spinduliuojama garso energija. Impulso trukmę galima reguliuoti nuo 0,036 iki 0,19 ms. Spektras yra plačiajuostis ir energijos išspinduliavimas lygiu - 3 dB užima apie dvi oktavas. Impulso galingumas taip pat gali būti keičiamas. Esant maksimaliam galingumui impulso trukmė lygi 0,08 ms, maksimali energija yra $6,1 \times 10^5$ Dž ir maksimalus dažnis, kuriam esant yra max. galingumas, lygus 16 kHz. Esant minimaliam impulso galingumui, jo trukmė lygi 0,06 ms, maksimali energija yra esant 31,5 kHz ir ji lygi $0,8 \times 10^5$ Dž. Esant maksimaliam impulso galingumui jo spinduliuojama garso energija yra 8 kartus didesnė negu esant minimaliam impulso galingumui. Tyrimams buvo pasirinktas maksimalus impulso galingumas, nes maksimali spinduliuojama garso energija sukoncetruota esant žemiems dažniams. Šiuo atveju blogiau spinduliuojami aukšti dažniai, todėl nustatant kai kuriuos akustinius rodiklius susidaro nepakankamas dinaminis diapazonas. Kibirkštinis impulsas, kai jis galingas, duoda sferinę kryptingumo diagramą. Generatoriaus spinduliuojami impulsai yra stabilūs, galimas jų automatinis ir distancinis valdymas.

Tyrimams buvo naudojamas 1/4" mikrofonas. Jo jautrumas yra pakankamas iki 100 kHz, dažninė charakteristika tolygi diapazone 0,1-70 kHz. Norint pagerinti kryptingumo diagramą esant aukštiems dažniams mikrofonas buvo statomas vertikaliai, pro skylę grindyse.

Pagal iš anksto nustatytas charakteristikas buvo pagamintas analoginis kodo keitiklis. Jo paskirtis - keisti analoginius signalus į skaitmeninę formą tolesniam jų apdorojimui. Įėjimo kanalų skaičius gali būti nustatomas nuo 1 iki 8. Įėjimo signalo nominalus lygis yra ± 1 V. Keitiklio skiriamoji galia 12 bitų.

Keitimo laikas 2 mks. Kvantavimo laikas lygus 5 mks, o kvantavimo dažnis - 200 kHz.

Analizuojant tyrimo rezultatus apatinė dažnių diapazono riba parinkta ne 100 Hz, o 50 Hz. Modelyje ji būtų ne 2500 Hz, o 1250 Hz. Tai daroma siekiant nustatyti, kaip rezonatoriai absorbuoja garso energiją esant labai žemiems dažniams, nes žemų dažnių diapazonas yra labai svarbus ir jame paprastai vyksta įdomiausi fiziniai procesai. Viršutinė diapazono riba pasirinkta 2500 Hz, arba 62500 Hz modelyje. Tai padaryta dėl dviejų priežasčių: esant kvantavimo dažniui 200 kHz, o viršutinei diapazono ribai 62,6 kHz, Naikvisto dažnis lygus 3,2 ir tikslesni rezultatai gaunami tada, kai šis dažnis yra didesnis; skaičiuojant reverberacijos laiko dažninę charakteristiką didesniems kaip 2500 Hz dažniams, gaunamas per mažas dinaminis diapazonas. Tačiau tokia viršutinė diapazono riba yra visai priimtina, nes lemiamos įtakos akustiniams procesams salėje turi žemi ir vidutiniai dažniai.

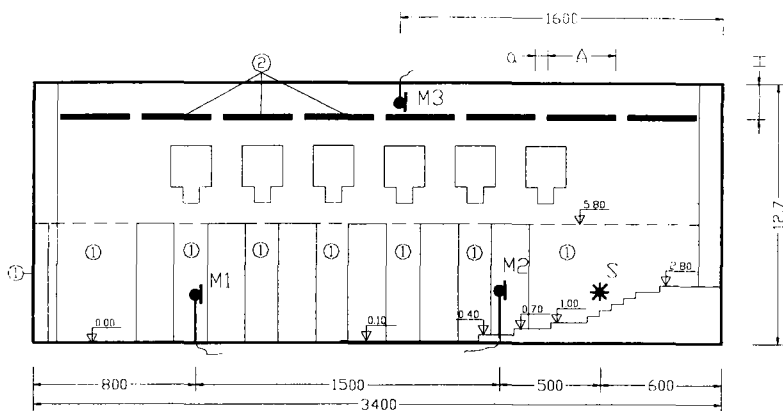
Pagrindiniai akustiniai rodikliai buvo analizuojami mūsų sukurta specializuota kompiuterine programa.

4. Eksperimento rezultatai

Tyrimams buvo pasirinktos rezonansinės kabamosios lubos su kryžiaus formos plyšiais tarp plokštumų. Scheminis salės pjūvis parodytas 1 pav.

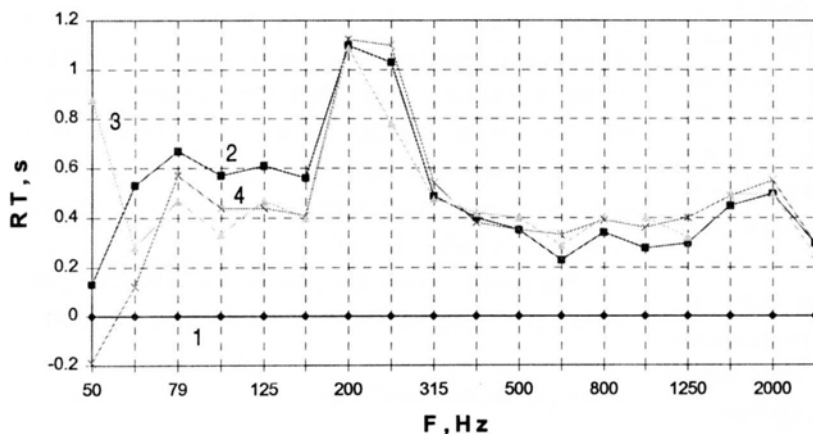
Garsą absorbuojanti medžiaga iš flanelės buvo tik grindų plote, kurį užima orkestrantai. Šis plotas lygus 119 m². Mikrofonus galima buvo išdėstyti trijuose taškuose: arti garso šaltinio, toli nuo garso šaltinio ir virš kabamųjų lubų. Eksperimentas buvo suplanuotas taip, kad būtų galima nustatyti pagrindinių akustinių rodiklių priklausomybę nuo kabamųjų lubų plyšių formos, jų pločio, atstumo iki standaus paviršiaus, absorbuojančios medžiagos, esančios šoninėse ir galinėje sienose, ir virš kabamųjų lubų, bei atstumo nuo šaltinio iki mikrofono. Kaip matome, kintamųjų dydžių yra daug. Šiame straipsnyje tyrimais nustatysime, kokią įtaką akustiniams rodikliams turi kabamųjų lubų atstumas iki standaus paviršiaus, kai kryžiaus formos plyšio plotis yra pastovus.

1 paveiksle pateikiamos reverberacijos laiko dažninės charakteristikos kintant kabamųjų lubų atstumui iki standaus paviršiaus. Reverberacijos laikas pagal lygį buvo aproksimuojamas nuo 0 iki - 30 dB, įjungiant procesą ir lygio slopinimą nuo 0 iki - 5 dB. Šis periodas užima gana didelį laiko intervalą ir jį reikia įvertinti. Tam, kad būtų galima lengviau analizuoti rezultatus ir kad jie būtų vaizdesni, visuose



1 pav. Tiriamos salės išilginis pjūvis su rezonansinėmis kabamosiomis lubomis

Fig. 1. Longitudinal section of the experimental hall with the resonant suspended ceiling



2 pav. Santykinė reverberacijos laiko sumažėjimo priklausomybė nuo kabamųjų lubų atstumo iki standaus lubų paviršiaus. Kryžiaus formos plyšio plotis 50 cm. Matavimo taškas 1. 1 - $H = 0$; 2 - $H = 100$ cm; 3 - $H = 200$ cm; 4 - $H = 400$ cm

Fig. 2. Relative dependence of the decrease in the reverberation time upon the distance of the suspended ceiling from the hard surface of the ceiling. The area of the cross-shaped aperture is 50 cm. Measurement point 1

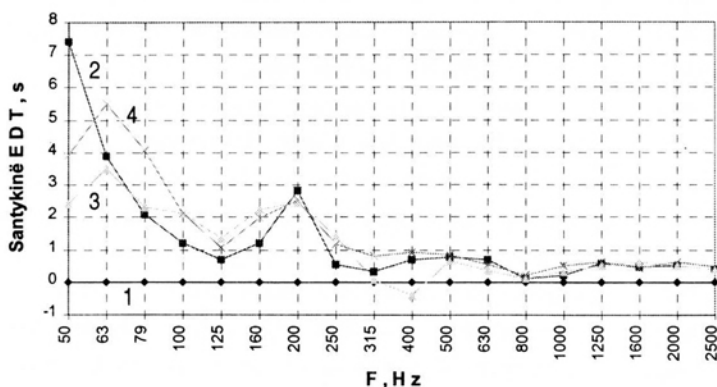
grafikuose pateikiami santykiniai rezultatai. Nuline linija imamas atvejis, kai salėje nėra kabamųjų lubų. Visi dydžiai yra perskaičiuoti į natūrinius.

Grafikas rodo, kad kabamųjų rezonansinių lubų aukščio įtaka pasireiškia tik iki 160 Hz, tačiau ryškesnio dėsningumo nepastebima. Reverberacijos laiko sumažėjimas šiame diapazone siekia 0,4-0,6 s. Esant 200 ir 250 Hz gaunamas ryškus rezonansas, ir jam esant reverberacijos laikas sumažėja net 1,1 s, t.y. labai daug. Toliau didėjant dažniui mažėjimas yra stabilus ir siekia apie 0,4 s. Tokį reverberacijos laiko mažėjimą esant ryškiam rezonansui su 200-

250 Hz sąlygoja tik kryžiaus formos plyšiai kabamosiose lubose. Tai rodo, kad jie turi įtakos salės akustikai.

Vertinant salių akustiką labai svarbus yra ankstyvas reverberacijos laikas (EDT), t.y. laikas, kuris gaunamas aproksimuojant garso lauko slopimo procesą nuo 0 iki -10 dB. 3 paveiksle pateikiami tyrimų rezultatai.

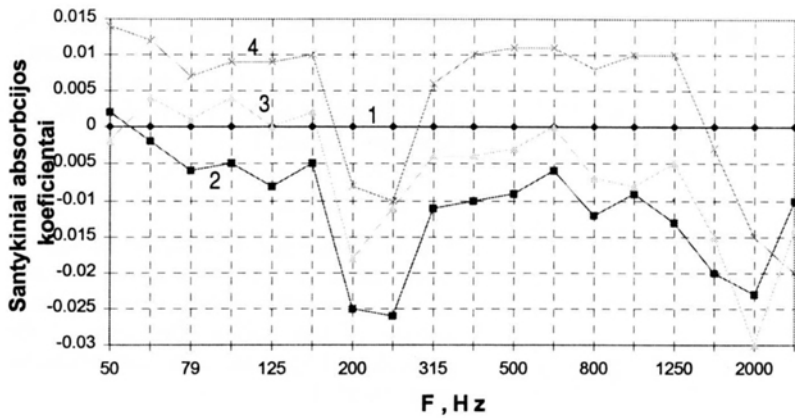
Matome, kad ankstyvo reverberacijos laiko mažėjimas labiausiai ryškus esant labai žemiems dažniams, iki 100 Hz, ir jis siekia net 1-7 s. Esant 200 Hz vėl gaunamas rezonansas, kuriam esant rever-



3 pav. Santykinio ankstyvo reverberacijos laiko sumažėjimo priklausomybė nuo kabamųjų lubų atstumo iki standaus lubų paviršiaus. Kryžiaus formos plyšio plotis 50 cm. Matavimo taškas 1.

1 - $H = 0$; 2 - $H = 100$ cm; 3 - $H = 200$ cm; 4 - $H = 400$ cm

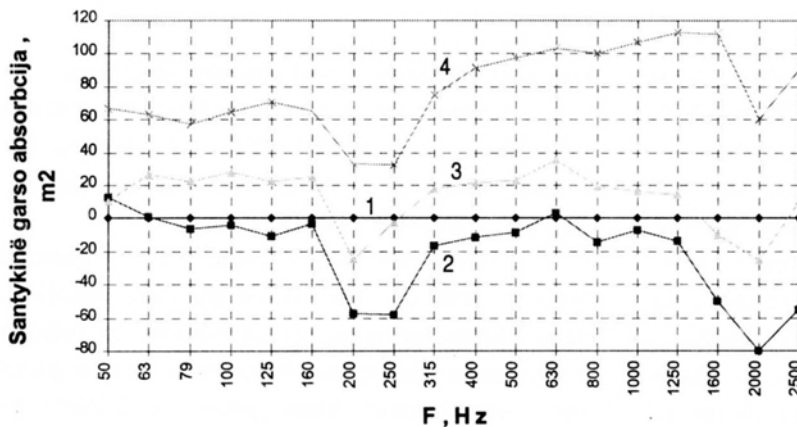
Fig. 3. Dependence of the decrease in the early relative reverberation time upon the distance of the suspended ceiling from the hard surface of the ceiling. The area of the cross-shaped aperture is 50 cm. Measurement point 1



4 pav. Santykinė garso absorbcijos koeficientų kitimo priklausomybė nuo kabamųjų lubų atstumo iki standaus lubų paviršiaus. Kryžiaus formos plyšio plotis 50 cm. Matavimo taškas 1.

1 - $H = 0$; 2 - $H = 100$ cm;
3 - $H = 200$ cm; 4 - $H = 400$ cm

Fig. 4. Relative dependence of the change in the sound absorption coefficients upon the distance of the suspended ceiling from the hard surface of the ceiling. The area of the cross-shaped aperture is 50 cm. Measurement point 1



5 pav. Santykinė garso absorbcijos kitimo priklausomybė nuo kabamųjų lubų atstumo iki standaus lubų paviršiaus. Kryžiaus formos plyšio plotis 50 cm. Matavimo taškas 1.

1 - $H = 0$; 2 - $H = 100$ cm;
3 - $H = 200$ cm; 4 - $H = 400$ cm

Fig. 5. Dependence of the change in the relative sound absorption upon the distance of the suspended ceiling from the hard surface of the ceiling. The area of the cross-shaped aperture is 50 cm. Measurement point 1

beracijos sumažėjimas didėja iki 2,5 s ir nepriklauso nuo kabamųjų lubų aukščio. Ankstyvą garso lauko slopimo periodą daugiausia sąlygoja ankstyvi garso atspindžiai. Jie turi lemiamos reikšmės formuojant subjektyvų garso suvokimą. Todėl ankstyvas reverberacijos laiko kitimas visada nagrinėtinas su standartinės reverberacijos laiko kitimu.

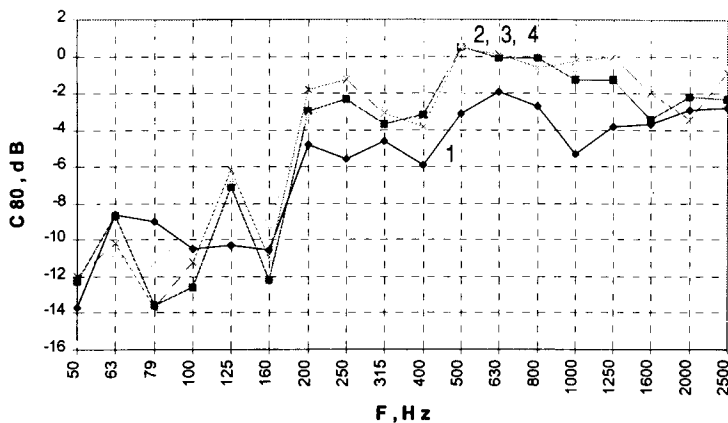
Svarbu taip pat nustatyti, kaip tokios lubos absorbuoja garso energiją. 3 paveiksle pateikiami garso absorbcijos koeficiento tyrimo rezultatai.

Čia jau stebime įdomų vaizdą. Iš 2 paveikslo matosi, kad reverberacijos laikas esant rezonansinėms luboms sumažėja visame dažnių diapazone. Vadinasi, garso absorbcijos koeficientai turi padidėti taip pat visame diapazone. Tačiau 4 paveikslas rodo, kad taip nėra. Matosi ryški šio rodiklio priklausomybė nuo kabamųjų lubų aukščio. Absorbcijos koeficientas yra didesnis tada, kai kabamųjų lubų aukštis yra žemesnis ir jis visais atvejais turi rezonansines reikšmes esant 200 ir 250 Hz. Tačiau kai lubų aukštis yra 200 cm, esant žemiems dažniams iki 160 Hz, garso absorbcijos koeficientas yra mažesnis, negu tuo atveju, kai nėra kabamųjų lubų. Kai $H = 400$ cm,

tas pats procesas vyksta ir esant žemiems, ir aukštesiems dažniams. Pagal teoriją taip neturėtų būti, nes mažėjant reverberacijos laikui absorbcijos koeficientas turi didėti. Šį reiškinį galime paaiškinti tuo, kad padidėjus kabamųjų lubų aukščiui iki standaus paviršiaus, sumažėja salės tūris ir visų paviršių plotas. Todėl skaičiuojant absorbcijos koeficientą su išmatuotu reverberacijos laiku ir gaunamas toks įdomus reiškinys. Absoliučios absorbcijos koeficiento reikšmės gaunamos mažos todėl, kad yra didelis salės reverberacijos laikas ir didelis paviršių plotas.

Garso absorbcija tiesiogiai priklauso nuo absorbcijos koeficiento ir paviršių ploto. 4 paveiksle pateikiami tyrimų rezultatai.

Šiuo atveju garso absorbcija ryškiau padidėja tik esant kabamųjų lubų aukščiui nuo standaus paviršiaus 100 cm. Esant rezonansiniams dažniams 200 ir 250 Hz, ir ji lygi 6 m^2 . Kada kabamųjų lubų aukštis yra 200 cm, tai visame dažnių diapazone, išskyrus dažnį 200 Hz, garso absorbcija apie 20 m^2 mažesnė negu tuo atveju, kai visai nėra kabamųjų lubų. Kai aukštis yra 400 cm, tai absorbcija sumažėja $60\text{-}110 \text{ m}^2$ visame dažnių diapazone. Tyrimai rodo,



6 pav. Muzikos skambėjimo aiškumo indekso dažninė priklausomybė nuo kabamųjų lubų atstumo iki standaus lubų paviršiaus. Kryžiaus formos plyšio plotis 50 cm. Matavimo taškas 1.

1 - $H = 0$; 2 - $H = 100$ cm;
3 - $H = 200$ cm; 4 - $H = 400$ cm

Fig. 6. Frequency dependence of the fidelity index of music upon the distance of the suspended ceiling from the hard surface of the ceiling. The area of the cross-shaped aperture is 50 cm. Measurement point 1

kad kabamosios lubos su kryžiaus formos plyšiais daug sumažina reverberacijos laiką. Todėl turėtų gerokai padidėti garso absorbcijos koeficientai ir garso absorbcija. Tačiau didėjant kabamųjų lubų aukščiui absorbcijos koeficientai ir pati absorbcija sumažėja ir palyginti daug. Tokių reiškinį lemia tūrio ir paviršių plotų sumažėjimas, didėjant kabamųjų lubų aukščiui. Pavyzdžiui, kai kabamųjų lubų aukštis padidėja nuo 0 iki 400 cm, tai skaičiavimuose imamas tūris sumažėja 1,48 karto, o paviršių plotas 1,21 karto.

Kaip žinome, muzikos skambėjimas visada yra vertinamas subjektyviai. Subjektyvūs rodikliai gerai koreliuoja su objektyviais akustiniais rodikliais. 6 paveiksle pateikiama muzikos skambėjimo aiškumo indekso priklausomybė nuo kabamųjų lubų parametrų.

Kabamųjų lubų aukščio kitimas beveik neturi įtakos esant visai žemiems dažniams, iki 160 Hz. Tačiau šiame diapazone jis turi dideles neigiamas reikšmes, siekiančias nuo -6 iki -14 dB. Pradedant 200 Hz, kabamosios lubos šį indeksą padidina apie -2 dB. Pradedant dažniu 500 Hz ir daugiau šis indeksas yra lygus 0-2 dB ir beveik nepriklauso nuo kabamųjų lubų parametrų. Šiuo atveju gauname, kad garso energija, ateinanti pas klausytoją per pirmas 80 ms, yra lygi energijai, ateinančiai likusio energijos slopimo proceso metu.

5. Išvados

1. Eksperimentas patvirtina teorinių tyrimų pagrindines išvadas, kad siūlomi iš principo naujo tipo rezonatoriai su didelio pločio kryžiaus formos plyšiais tarp plokštumų turi didelės įtakos objektyviems salės akustikos rodikliams. Tai pasiekama visai tam

naudojant garsą absorbuojančių medžiagų.

2. Kabamosios rezonansinės lubos reverberacijos laiką esant dažniams 200 ir 250 Hz sumažina 1,1 s, o esant žemiems ir aukštiems dažniams apie 0,4 s. Tai yra reikšmingi skaičiai.

4. Garso absorbcijos koeficientai ir garso absorbcija priklauso nuo kabamųjų lubų aukščio. Jų absoliutiems dydžiams, apskaičiuotiems su išmatuotu reverberacijos laiku, turi įtakos salės tūrio ir paviršių plotų sumažėjimas, kuris gaunamas didėjant lubų aukščiui.

Literatūra

1. V. Stauskis. Impedansinis rezonansinių kabamųjų lubų garso absorbcijos skaičiavimo metodas // Statyba. 1996, Nr. 1(5). V.: Technika, 1996, p. 92-100.
2. V. Stauskis. The sound absorption of an isolated resonator with a cross-shaped slit and its dependence on the number of resonators // Statyba. 1996, Nr 2(6). V.: Technika, 1996, p. 50-58.
3. V. Stauskis. Sound absorption qualities of a cross-shaped isolated acoustic resonator // ACUSTICA acta acustica. Vol. 82(1996), Suppl. 1, p. 264.
4. Л. И. Макриненко. Акустика помещений общественных зданий. М.: Стройиздат, 1986. 173 с.

Įteikta 1996 06 30

EFFECT OF A RESONANT SUSPENDED CEILING ON THE ACOUSTIC PROPERTIES OF A HALL

V. Stauskis

Summary

The article covers the experimental research into basic acoustic properties of a hall using a new type resonant suspended ceiling with large area cross-shaped apertures between surfaces.

The research was carried out at a physical simulator of a hall. Geometric parameters, frequency range of the simulator and availability of technical equipment were taken into consideration while selecting the scale of the simulator.

A recording hall of the Lithuanian radio and TV's Grand Symphonic Orchestra was chosen for the purposes of research. The dimensions of the hall are $34 \times 22 \times 12.7$ m. The scale of a simulator for such a large hall was established as 1:25.

All the wall and floor surfaces of the simulator are made of textolite. Its coefficient of sound absorption at 10 kHz is equal to 0.15. The suspended ceiling is made of 6 mm thick plywood whereof all the contours had been lacquered 3 times. The orchestra's raised platform of 116 m² floorspace was covered with 5-6 mm thick flannel which has coefficient of absorption of about 0.5-0.6.

In this case the absorption of sound in the air and characteristics of materials are of no importance, as all the research results are relative.

A block diagram was used for recording of sound signals at the simulator which diagram comprised a sound source, microphone, microphone's amplifier and analog-to-digital converter.

A spark impulse was used as a sound source which impulse was formed by our made spark generator with preset necessary technical parameters. The research was carried out using a 1/4 " microphone.

An analog-to-digital converter had been manufactured according to preset characteristics. It was designed for changing analog signals into digital form for their further processing. The number of input channels can be set up from 1 through 8. The nominal level of the input signal is ± 1 V. The converter's discrimination is equal to 12 bits. Time of conversion is 2 μ s. The quantization time is equal to 5 μ s, whereas the quantization frequency is 200 kHz.

The experimental simulator of a hall allows to determine the dependence of basic acoustic characteristics on the form of the apertures in the suspended ceiling, their surface, distance to the hard surface, absorbing material used in side and end walls and over the suspended ceiling, as well as on the distance from the source to the microphone. The research covered by this article

determines the effect produced upon the acoustic coefficient by the distance between the suspended ceiling and the hard surface while the area of the cross-shaped aperture is not changed.

During the research a measurement point was chosen near the sound source. The influence of the height of the suspended resonant ceiling upon the reverberation time is expressed only up to 160 Hz, however, a more expressive dependence has not been noticed. The decrease in the reverberation time at this range reaches 0.4-0.6 s. At frequencies of 200 and 250 Hz an expressly noticeable resonance is formed at which resonance the reverberation time is reduced even by 1.1 s., which is a large figure. Under further increase in the frequency the decrease is stable and reaches about 0.4 s. Such a decrease in the reverberation time with the expressive resonance at 200-250 Hz is dependent only on the cross-shaped apertures in the suspended ceiling. This indicates that they have effect on the hall's acoustics.

The decrease in the early reverberation time is most expressive at very low frequency up to 100 Hz and it reaches even 1-7 s. Resonance occurs again at 200 Hz, at which resonance the reverberation is decreased by up to 2.5 s and is not dependent on the height of the suspended ceiling. The early damping period of the sound field is basically dependent on the early sound reflections. They are of crucial importance while forming the subjective perception of a sound.

The coefficient of the sound absorption depends on the height of the suspended ceiling and it is higher when the height of the ceiling is reduced. In all cases this coefficient has a resonant importance at 200-250 Hz. The coefficients of the absolute absorption are reduced because there is an increased reverberation time of the entire hall and surface area.

The sound absorption is expressly increased only when the distance between the height of the suspended ceiling and the hard surface is 100 cm. At resonant frequencies of 200 and 250 Hz it is equal to 60 m².

The fidelity index of music is changeable from -14 dB at lower frequencies up to 0 dB at higher frequencies. The increase in the height of the suspended ceiling begins to have effect only from 200 Hz.

Vytautas STAUSKIS. Doctor, Associate Professor. Building Structures Department. Vilnius Gediminas Technical University, 11 Saulėtekio Ave, 2040 Vilnius, Lithuania.

In 1974 he defended a thesis in technical science. From 1974 he has been working at VTU. Research interests: experimental tests of hall in primary hall model and on site, computer simulation of theoretic tasks, wave diffraction and reflections, direct sound and subjective acoustic indicators, large - dimension resonance structures, early attenuation of acoustic field and its relation with hall acoustics.